

LARBALÉTRIER

LES ENGRAIS

MALRAISON REL.

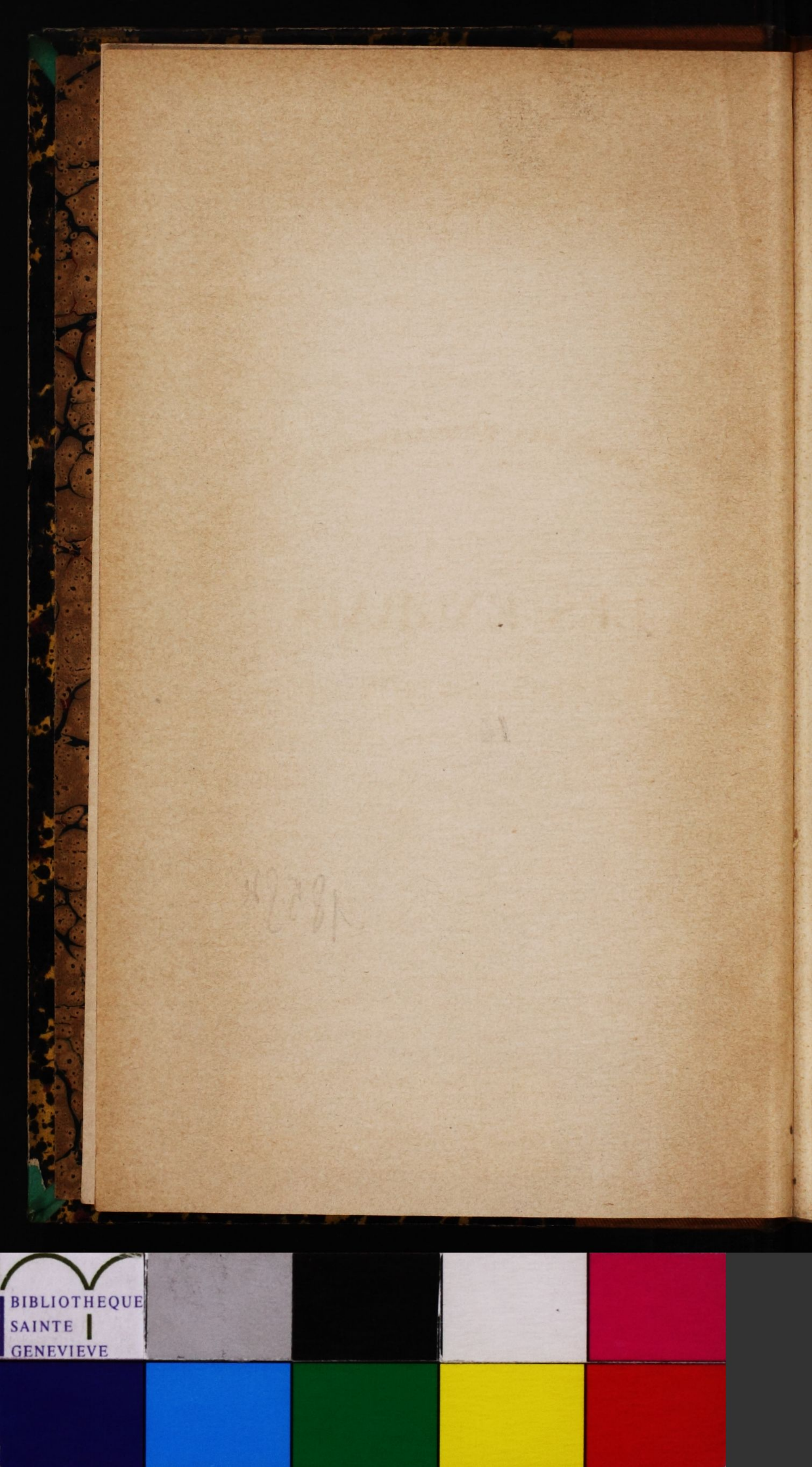











BIBLIOTHEQUE
SAINTE
GENEVIEVE

BIBLIOTHÈQUE DES CONNAISSANCES UTILES

LES ENGRAIS

ET LA FERTILISATION DU SOL

ORLÉANS, IMPRIMERIE G. MORAND, 47, UE BANNIER.

ALBERT LARBALETRIER
Professeur de chimie agricole et industrielle
à l'École d'Agriculture du Pas-de-Calais et à l'Association philotechnique,
Professeur d'agriculture au Collège de Saint-Pol.

LES ENGRAIS

ET

LA FERTILISATION DU SOL

Avec 74 figures intercalées dans le texte

L'ALIMENTATION DES PLANTES.
LA TERRE ARABLE, — LES AMENDEMENTS.
LES ENGRAIS VÉGÉTAUX.
LES ENGRAIS ANIMAUX. — LES ENGRAIS MIXTES.
LE FUMIER DE FERME.
LES ENGRAIS CHIMIQUES ET LEUR EMPLOI.



PARIS
LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS
19, rue Hautefeuille, près le boulevard Saint-Germain

1891

PRÉFACE

Aujourd'hui l'agriculture pour être productive et rémunératrice doit viser de hauts rendements, c'est le seul moyen d'abaisser les prix de revient. Pour y arriver,il y a indépendamment des bons procédés de culture, deux factum qui prédominent de beaucoup ; d'une part le choix des variétés améliorées, et d'autre part, l'application judicieuse des engrais. Mais cette dernière nécessite aujourd'hui des connaissances chimiques que tous les agriculteurs sont loin de posséder, c'est ce qui explique pourquoi l'emploi de tel engrais peut donner aux uns d'excellents résultats, tandis qu'il met les autres en perte, il faut tenir compte de la nature du sol, de l'époque de l'épandage, de la dose à appliquer et aussi de la répartition dans la terre. Ce sont ces notions, que nous avons cherché à mettre en évidence.

Nous avons divisé notre livre en six parties :

1° *L'alimentation des plantes* ; nous donnons une idée de la manière dont les végétaux se nourrissent, comment ils profitent des aliments.

2° *Les Amendements* ; nous avons examiné les procédés les plus fréquemment employés pour mettre le sol en état de recevoir les engrais ; très souvent en effet une matière fertilisante ne réussit pas, parce que la terre n'est pas dans un état convenable pour la conserver et la céder peu à peu aux plantes, nous avons donné aux questions si importantes du chaulage, du marnage et des plâtrages, tous les développements nécessaires.

3° *Les engrais végétaux* ; nous abordons l'étude

des engrais proprements dits que nous classons d'après leur origine, c'est là une classification naturelle et rationnelle, les questions des enfouissements végétaux et de l'emploi des plantes marines, ont été développées dans une assez large mesure.

4° *Les engrais animaux* ; nous avons examiné l'emploi des déjections animales de toutes sortes, les purinages, l'emploi et l'histoire des guanos, etc.

5° *Les engrais mixtes* et le *fumier de ferme* ; malgré la multiplicité des engrais dont dispose l'agriculture, le fumier de ferme, le *bon fumier*, bien préparé et surtout bien conservé, doit rester la base de toute fertilisation rationnelle, dans la grande comme dans la petite culture.

6° *Les engrais chimiques* ; depuis une vingtaine d'années l'emploi de ces engrais a pris une grande extension, et pourtant bien des cultivateurs ignorent encore comment ils doivent être appliqués. Les recherches de M. Georges Ville, professeur au Muséum d'histoire naturelle, sur l'action de ces engrais en ce qui concerne le rendement et la qualité des récoltes, la sidération, et autres nouvelles méthodes ont été exposées en détail. Nous donnons des formules d'engrais applicables aux diverses cultures.

Enfin les éléments de ce volume ontété puisés aux sources les plus sûres et les plus autorisées ; quelques recherches personnelles y ont pris place et donnent à notre livre un certain cachet d'originalité.

Nous avons fait de notre mieux pour faire un livre intéressant, pratique et utile. Le lecteur jugera si ce but a été atteint.

Albert Larbalétrier.

TABLE DES MATIÈRES

QUATRIÈME PARTIE

Les engrais animaux

CHAPITRE I

LES DÉBRIS ANIMAUX

CHAPITRE II

LE GUANO

CHAPITRE III

DÉJECTIONS ANIMALES

CINQUIÈME PARTIE

Les engrais organiques mixtes et le fumier de ferme

CHAPITRE I

LES ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS DU FUMIERS

CHAPITRE II

TRAITEMENT DES FUMIERS

CHAPITRE III

APPLICATION DES FUMIERS

SIXIÈME PARTIE

Les engrais chimiques

CHAPITRE I

COMPOSITION DES ENGRAIS CHIMIQUES

CHAPITRE II

ENGRAIS CHIMIQUES AZOTÉS

CHAPITRE III

ENGRAIS CHIMIQUES PHOSPHATÉS

CHAPITRE IV

ENGRAIS PHOSPHATÉS INDUSTRIELS

CHAPITRE V

EMPLOI DES ENGRAIS PHOSPHATÉS

CHAPITRE VI

LES ENGRAIS POTASSIQUES

CHAPITRE VII

FORMULES D'ENGRAIS CHIMIQUES

CHAPITRE VIII

ACHAT ET EMPLOI DES ENGRAIS CHIMIQUES

LES ENGRAIS

ET

LEURS APPLICATIONS A LA FERTILISATION DU SOL

PREMIÈRE PARTIE

L'Alimentation des plantes

CHAPITRE I

LA NUTRITION DES VÉGÉTAUX.

Comme les animaux, les plantes naissent d'un œuf, s'accroissent, se multiplient, et finalement meurent, mais comme rien ne naît de rien, il faut aux uns et aux autres des aliments appropriés à leurs fonctions. Ces aliments permettent aux animaux et aux végétaux de s'entretenir et de s'accroître et le mécanisme de cette fonction s'appelle la *nutrition* C'est donc toujours sur la nutrition, sur l'alimentation, qu'agit l'agriculteur soit qu'il veuille produire des substances végétales, soit qu'il vise à la production des animaux. Comme on le voit, au point de vue biologique, il n'y a pour ainsi dire pas de différence entre les animaux et les plantes et cette ressemblance est même beaucoup plus marquée qu'on ne serait tenté de le croire au premier abord.

L'animal sort d'un œuf qui éclot intérieurement

ou extérieurement, le végétal sort d'une graine, or l'analogie entre l'œuf et la graine est frappante, non-seulement au point de vue morphologique, mais encore au point de vue de leur composition chimique, d'ailleurs l'un et l'autre ont pour origine un *ovule* et sont munis d'un germe ; en résumé l'ovule est une simple cellule à noyau et le pigeon comme la fève n'ont pas d'autre origine. Voici d'ailleurs la composition chimique comparée de l'œuf et de la graine, l'analogie qualitative est manifeste, seule la comparaison quantitative présente des différences.

ŒUF D'OISEAU.	GRAINE.
Albumine, fibrine.	Albumine, fibrine, (gluten).
Caséine.	Caséine (légumine).
Matière grasse.	Matière grasse (huile).
Sucre de lait, glucose.	Amidon, dextrine (matière saccharine).
Soufre et phosphore en combinaisons organiques.	Soufre et phosphore en combinaisons organiques.
Sels minéraux.	Sels minéraux.
Eau, 65 à 90 °/₀.	Eau, 10 à 12 °/₀.

Germination. — Tant que le germe animal est emprisonné dans l'œuf, il se développe sans qu'on ait besoin de se préoccuper de subvenir à son alimentation. L'œuf lui fournit une réserve de matières nutritives appropriées à son degré de développement; pendant la germination d'une plante, le même phénomène se produit, tant que le végétal germe, c'est-à-dire qu'il est fixé à la graine qui lui a donné naissance, les aliments extérieurs lui sont inutiles, les matériaux renfermés dans la graine et qui entouraient primitivement l'embryon suffisent à ses besoins.

Mais lorsque le végétal a épuisé cette réserve ali-

mentaire il réclame de la nourriture. Ici l'analogie est moins évidente, car la plupart du temps, l'animal, qui peut se mouvoir, va à la recherche de sa nourriture qu'il choisit à sa convenance, tandis que le végétal fixé à la terre qui l'a vu naître, doit se contenter de ce qu'il trouve à l'endroit même où il se trouve. Ces aliments de la plante constituent les *engrais*.

Les aliments des plantes. — Une substance nutritive quelconque ne peut pénétrer dans une plante que si elle est préalablement dissoute, ceci est tout aussi vrai pour les animaux. Le dissolvant le plus habituel est l'eau, dont aucun être vivant ne peut par cela même se passer, d'autant moins qu'elle fait partie intégrante de tous les tissus. Mais ici une différenciation très-importante se montre entre les animaux et les végétaux. L'animal ne peut absorber que des aliments liquides ou solides dissous, le végétal présente sur lui cet avantage énorme qu'il peut se nourrir aussi d'aliments gazeux, et ces derniers lui sont souvent fournis par l'air atmosphérique. C'est là une source gratuite d'aliments pour le producteur de matières végétales, et notons qu'elle n'est nullement à négliger dans la pratique. En effet, lorsqu'un chimiste fait l'analyse d'un végétal, il commence par brûler, par incinérer celui-ci, ce qui reste, ce sont les *cendres* ou matières minérales, ce qui a été brûlé c'est la matière organique ; or, en analysant ainsi 100 grammes de grains de blé on trouve, en moyenne :

12 pour 100		d'eau qui s'évapore.
86.10	—	de matières organiques diverses qui se volatilisent par la combustion.
1.90	—	de cendres ou matières minérales.
100.00....		Total.

Or, on admet que les matériaux qui ont servi à former ces 86.10 0/0 de matières organiques ont été puisés dans l'atmosphère ; les 12 p. 100 d'eau n'ont également rien coûté à l'agriculteur, seules les substances qui ont laissé 1.90 0/0 de cendres ont été enlevées au sol et c'est le producteur qui a dû les fournir par l'apport des engrais.

Ceci nous fait voir tout de suite que quoique la composition chimique des végétaux soit très-complexe, les aliments que nous devons lui fournir n'en restent pas moins très limités en tant qu'éléments chimiques bien entendu, leur état de combinaison seul est très variable. Quelques chiffres feront mieux saisir ce fait, dont l'importance pratique est capitale. Nous trouvons par exemple dans la pomme de terre les poids suivants d'éléments constitutifs :

Eau	75 0
Fécule	15 5
Matières grasses	0 2
Gommes, sucre, etc	3 0
Albumine et caséine	2 3
Ligneux	3 0
Matières minérales	1 0
	100 0

Or, l'analyse élémentaire de ces diverses substances nous amène à constater la présence des corps suivants dont nous indiquons l'origine en regard :

Oxygène Hydrogène	fournis par l'eau.

Principes immédiats : fécule, sucre, gomme, ligneux, graisse, etc., formés de :

Oxygène Hydrogène	fournis par l'eau et l'air.
Carbone	fourni par l'air.
Azote	— — les engrais.

Enfin les cendres, dans la proportion de 1 gramme renferment :

Acide phosphorique, fourni par les engrais
Potasse — — —

Acide sulfurique Chlore Silice Soude Magnésie Fer Manganèse	fournis *naturellement* par la terre végétale.

Chaux...... fournie en partie par la terre et par les engrais.

Il n'y a donc que quatre éléments dont l'agriculteur ait à se préoccuper sérieusement dans la pratique de la fertilisation, ce sont : l'*azote*, l'*acide phosphorique*, la *potasse* et en partie la *chaux*.

Aliments gazeux des végétaux.

Fonction chlorophylienne. — Une plante quelle qu'elle soit se compose de deux systèmes d'organes, qui concourent également à la nutrition.

1° Le système souterrain, composé des racines et des tubercules, puisant les aliments dans le sol.

2° Le système aérien, composé des tiges, des feuilles, des fleurs et des fruits, qui puise dans l'atmosphère.

Ces derniers organes, et surtout les feuilles, ont en général une coloration verte, qui est due à la présence dans les cellules d'une matière colorante que les chimistes ont appelée *chlorophylle*, son importance est capitale, car c'est elle qui fixe le carbone de l'atmosphère sous forme d'acide carbonique. Cependant, quelques plantes, les champignons par exemple, sont dépourvus de chlorophylle, mais ils vivent en parasites sur des matières organiques plus ou moins altérées.

Pour se former, la chlorophylle a besoin de la lumière ; les plantes qui vivent dans l'obscurité sont blanches ou blanchâtres, elles sont étiolées et ne renferment pas cette substance. Cependant, il faut remarquer que, dans les végétaux, la formation de la chlorophylle, par suite leur verdissement, même en présence d'une vive lumière, n'est aisé que si les plantes reçoivent du sol une alimentation azotée suffisante ; des recherches récentes dues à M. Georges Ville ont fait voir que la nature des engrais a une réelle influence sur l'intensité de la coloration des végétaux.

La chlorophylle est un principe quaternaire, dont la composition chimique répond à peu près à la formule : $C^{18} H^{10} O^{32} Az$. Elle se trouve dans les cellules vertes sous forme de grains ou corpuscules. La chlorophylle est soluble dans l'alcool et la benzine, insoluble dans l'eau, d'après M. Frémy elle serait elle-même composée de deux principes, l'un la *phylloxanthine* de couleur bleu foncé, et l'autre la *phyllocyanine*, de coloration jaune.

Origine du carbone des végétaux. — Cette origine c'est la chlorophylle renfermée dans les feuilles, qui exposées à la lumière, absorbent l'acide carbonique de l'air et exhalent de l'oxygène. Le fait peut être démontré expérimentalement en introduisant des feuilles vertes, bien vivantes, encore attachées aux branches, dans une éprouvette renfermant de l'eau. Celle-ci renferme toujours de l'acide carbonique en dissolution. On retourne l'éprouvette sur une cuve à eau, comme le montre la figure 1, et on expose le tout au soleil ; c'est le dispositif adopté par Saussure. Bientôt des bulles gazeuses recouvrent la surface des feuilles, puis se détachent et viennent s'accumuler à

la partie supérieure de l'éprouvette, au bout de quelques heures l'éprouvette est au quart pleine d'un gaz qu'on reconnaît facilement être de l'oxygène.

Voilà ce qui s'est passé durant ce phénomène ; la plante a absorbé l'acide carbonique, l'a décomposé dans ses tissus, par un mécanisme que nous ne connaissons pas, a fixé le carbone et a dégagé l'oxygène.

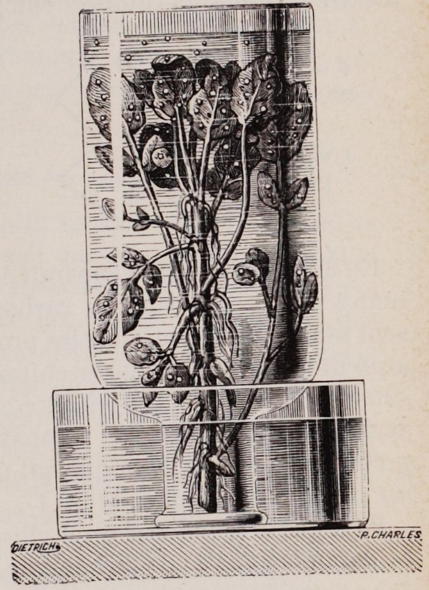


Fig. 1. — Expérience de Saussure.

Le carbone qui pénètre ainsi dans la plante, en se combinant avec l'hydrogène et l'oxygène fournis par la respiration végétale (qu'il ne faut pas confondre avec le phénomène précédent) et par l'eau, forme les principes immédiats carbonés : cellulose, amidon, sucre, graisse, etc., qui, en poids, dominent de beaucoup dans les tissus des plantes (1).

(1) En effet, on peut admettre que les végétaux renferment, en moyenne:

Carbone........	45.0	p. 100 (puisé dans l'air).
Oxygène........	42.0	—
Hydrogène.....	6.5	—
Azote..........	1.5	—
Cendres........	5.0	—
	100.0	

Il est donc nécessaire qu'un autre corps se décompose en même temps que l'acide carbonique, on peut admettre que c'est l'eau et on peut alors représenter le phénomène par la réaction suivante : qui a pour théâtre d'action, la cellule à chlorophylle :

1 volume de CO^2 =	1 vol. CO	= 1 vol CO. 1 vol. H
	1/2 vol. O	
1 volume HO =	1 vol. H	
	1/2 vol O	= 1 vol. O.

En même temps qu'il apparaît de l'oxygène, des volumes égaux d'oxyde de carbone et d'hydrogène sont mis en présence, dans les proportions qui représentent le composé connu en chimie sous le nom d'*aldéhyde méthylique*. Or, jamais ce corps n'a été trouvé dans les plantes, mais on y constate couramment la présence de l'acide formique qui n'en diffère que par un atome d'oxygène en plus (1).

Pour que la fonction clorophyllienne s'exerce, il faut évidemment de l'acide carbonique, soit dans l'air soit dans l'eau où vivent les végétaux, mais il ne faudrait pas qu'il y en eût trop. Ainsi, dans l'acide carbonique pur, le phénomène ne se produit pas, même en plein soleil ; mais si on ajoute à ce gaz un autre gaz quelconque, de l'azote par exemple ou de l'air, on voit le dégagement se produire.

Or, la proportion d'acide carbonique renfermé dans l'air est très-minime 3 à 4/10.000 environ, mais il faut remarquer aussi que l'acide carbonique est

(1) P.-P. Dehérain. *Annales agronomiques*, t. XII.

très-soluble dans l'eau et qu'en outre les feuilles sont gorgées de ce liquide. De plus, le phénomène de la décomposition de l'acide carbonique par les feuilles est très rapide, aussi faut-il admettre que les surfaces absorbantes des feuilles se laissent traverser plus aisément par l'acide carbonique que par les autres gaz de l'air, et sans doute cette facilité de passage compense sa faible quantité.

Hydrogène des végétaux.

L'hydrogène est le principe constitutif essentiel de l'eau, c'est dans celle-ci que les plantes puisent la quantité qui leur est nécessaire. Comme nous l'avons vu, celle-ci pénètre par les parties souterraines des plantes, par les racines, et elle se décompose dans le végétal, en même temps que l'acide carbonique qui y pénètre par les organes aériens. Donc, pas plus que le carbone, l'hydrogène ne doit être considéré comme un élément essentiel des matières fertilisantes. L'hydrogène nécessaire à la constitution des tissus végétaux est fourni en abondance par les météores aqueux : pluies, rosées, neiges, brouillard, etc.

Mais, si au point de vue de la nutrition propre des végétaux, l'eau se trouve en quantité supérieure aux besoins en hydrogène, il n'en est pas toujours de même suivant la remarque de MM. Müntz et Girard, pour le rôle qu'elle joue dans la circulation des principes nutritifs à travers la plante elle-même. Les eaux météoriques apportées par les pluies, les rosées, les condensations nocturnes, sont généralement insuffisantes pour subvenir aux besoins de la transpiration végétale ; car une partie de ces eaux est éliminée dans le sous-sol ; les plantes ont donc dans beaucoup de cas

besoin de compter sur les eaux souterraines et sur celles qu'on peut leur fournir par l'irrigation.

Les plantes contiennent de grandes quantités d'eau dans leurs tissus ; c'est une condition indispensable de leur vie. Cette eau est en perpétuel état de circulation ; elle s'évapore abondamment, surtout par les organes foliacés. Non-seulement elle est nécessaire à la vie des tissus végétaux, mais encore elle apporte aux plantes, par l'intermédiaire des racines, les éléments nutritifs qu'elle tient en dissolution ; elle les laisse dans l'intérieur de la plante à mesure qu'elle se volatilise. Elle joue par conséquent, dans la nutrition végétale, une action de premier ordre. Le rôle qu'elle remplit dans l'utilisation des engrais n'est pas moindre. Nous verrons dans la suite que l'action de certaines matières fertilisantes, telles que le nitrate de soude, est intimement liée à la répartition des eaux. Une terre abondamment fumée peut, faute d'eau, donner de médiocres récoltes. C'est là un fait d'observation courante dans les années de sécheresse. Dans la nature l'eau n'est jamais pure ; elle contient en dissolution ou en suspension diverses substances dont le rôle est utile.

Une autre source d'hydrogène peut être l'ammoniaque, qui en contient environ un tiers de son poids, et que les végétaux absorbent, comme nous le verrons par la suite non-seulement par leurs parties souterraines mais encore par leurs parties aériennes.

Oxygène des végétaux.

L'oxygène se trouve en très forte proportion dans les tissus des plantes, car il fait partie intégrante de

tous les principes immédiats renfermés dans les végétaux, de plus c'est un des composants de l'eau qui gorge tous les organes.

Cependant l'agriculture n'a nullement à se préoccuper de cet élément que les plantes savent bien trouver elles-mêmes ; pour cela elles ont recours à trois sources principales :

1° L'oxygène de l'air,
2° L'oxygène de l'eau,
3° L'oxygène de l'acide carbonique.

Respiration des végétaux. — En parlant ici du phénomène de la respiration chez les plantes, qui consiste en une absorption d'oxygène et un dégagement d'acide carbonique, nous ne nous écartons pas de notre sujet, car bon nombre d'auteurs ont confondu ce phénomène avec celui de l'assimilation de l'acide carbonique et ils n'ont pas hésité à dire que pendant le jour la respiration végétale consiste dans l'absorption d'acide carbonique et en dégagement d'oxygène, tandis que dans l'obscurité l'inverse se manifeste, l'oxygène est absorbé et l'acide carbonique dégagé. C'est là une interprétation erronée ; en effet ce dernier échange gazeux, c'est-à-dire la véritable respiration se produit tout aussi bien le jour que la nuit, mais sous l'action de la lumière le phénomène inverse, c'est-à-dire l'assimilation du carbone et par suite le dégagement de l'oxygène l'emportant sur la respiration ; celle-ci est cachée. Pendant la nuit au contraire, l'assimilation du carbone étant interrompue, la respiration seule est visible.

Ce qui prouve bien d'ailleurs que ces deux phénomènes sont tout à fait indépendants l'un de l'autre, c'est que le rapport du volume d'acide carbonique

émis au volume d'oxygène absorbé est lui-même indépendant, pour une plante donnée, de l'éclairement, de la température, de l'état hygrométrique, etc. ; en un mot, le phénomène de la respiration demeure constant, quelles que soient les modifications du milieu.

Role de l'ozone dans la végétation. — Les actions électriques dont l'atmosphère est le théâtre peuvent agir sur l'oxygène de l'air qui, étant libre dans le mélange qui constitue l'air, peut se transformer en ozone dont la présence a été souvent constatée. Toutefois ce gaz se trouve dans l'air en proportions très minimes, un quatre cent cinquante millionième environ. Ce qui caractérise surtout l'ozone ou oxygène électrisé, ce sont ses propriétés oxydantes énergiques et son odeur aliacée, odeur que l'on rencontre parfois sur le passage de la foudre. Néanmoins la quantité d'ozone répandue dans l'air est variable, c'est ainsi qu'il y en a plus à la campagne qu'à la ville, de plus, il y en a davantage par les jours de pluie que par les jours de beau temps. D'après quelques observations, l'ozone serait un excitant pour la végétation, toutefois les données expérimentales font encore défaut sur ce point.

CHAPITRE II

ORIGINE ET SOURCES DE L'AZOTE DES VÉGÉTAUX

Ce n'est pas toujours à une source gratuite que les végétaux puisent l'azote qui leur est nécessaire, tout au plus cette gratuité existe-elle dans quelques cas spéciaux aujourd'hui bien déterminés. Cette question de l'azote a donné lieu à bien des discussions et à bien des controverses, toutefois son importance pratique est telle que nous devons, pour l'intelligence des pages qui suivent, exposer succinctement ce que l'on sait aujourd'hui de positif sur la question.

Composés azotés des plantes.

L'azote pénètre dans le végétal sous deux formes, azote nitrique et azote ammoniacal, provenant, soit du sol, soit de l'air ; cet azote se combinant au carbone, à l'hydrogène et à l'oxygène forme dans les tissus de la plante un certain nombre de composés dont le mode de formation nous échappe absolument, mais dont les principaux sont les suivants :

Protéïne,
Chlorophylle,
Alcaloïdes,
Diastases,
Gluten,
Légumine,
Aleurone,
Asparagine,
Matières colorantes diverses, etc.

Nous avons vu précédemment que l'élément chimique qui prédomine dans les tissus végétaux est le carbone ; chez les animaux, c'est au contraire l'azote, et cet azote ils l'empruntent toujours et exclusivement aux plantes, soit directement, soit indirectement.

Azote atmosphérique.

L'azote se trouve dans l'atmosphère, sous trois formes principales :

1° Azote libre, à raison de 79 pour 100, contre 21 d'oxygène ;

2° Azote nitrique, dans les proportions minimes de 1 milligr. 5 à 6 milligr. 5 ;

3° Azote ammoniacal, dans les proportions de 1 à 4 milligrammes.

Ce sont ces trois formes que nous devons examiner au point de vue de leurs rapports avec les végétaux.

Azote libre de l'atmosphère. — L'azote libre de l'air, c'est-à-dire non combiné, peut-il être assimilé par les plantes? Cette question a donné lieu à bien des controverses et aujourd'hui encore, malgré des expériences multiples, elle divise encore les savants.

M. Georges Ville notamment soutient que les parties vertes des plantes ont la propriété de puiser directement l'azote dans l'atmosphère ; par contre, les expériences de M. Boussingault prouvent qu'une plante vivant à l'air libre et n'ayant comme source d'azote que celui qui se trouve à l'état libre autour d'elle, ne peut en fixer la moindre trace. Ces résultats confirmés par ceux qu'ont obtenus en Angleterre MM. Laves, Gilbert et Pugh, doivent faire admettre que cette assimilation *directe* n'a pas lieu.

Cependant, on savait depuis longtemps que des terres cultivées perdaient chaque année, par le fait de l'enlèvement des récoltes, une quantité d'azote supérieure à celle qu'elles avaient reçue par les engrais, sans qu'elles aient perdu pour cela leur vertu productive.

Le même fait s'observe encore pour les prairies et surtout les forêts, qui ne recevant pas d'engrais n'en fournissent pas moins tous les ans de grandes quantités d'azote sous forme d'herbe ou de bois. Or, de récentes découvertes, dues à M. Berthelot, jettent sur cette question une lumière aussi nouvelle qu'inattendue.

Fixation de l'azote atmosphérique par le sol. — Pour bien comprendre ces expériences il ne faut pas oublier :

1° Qu'un excès incontestable d'azote existe dans les récoltes d'un sol cultivé, sur la quantité d'azote introduite comme engrais ;

2° Que les plantes qui végètent sur un sol préalablement stérilisé, et qui ne reçoivent aucun engrais, ne fixent pas d'azote.

Cette fixation de l'azote libre sur le sol est due, suivant M. Berthelot, à « l'électricité atmosphérique, agissant non plus accidentellement par ces décharges subites et ces étincelles violentes qui forment l'acide azotique et l'azotite d'ammoniaque pendant les orages, mais engendrant peu à peu des composés azotés complexes, par une action inductive lente, continue, en vertu des faibles tensions qui existent en tout temps, en tout lieu, à la surface du globe. »

C'est donc sur les matières carbonées du sol que se fixerait l'azote. Les expériences de l'illustre professeur du Collège de France furent reprises par MM.

Dehérain et Maquenne au Muséum d'histoire naturelle, qui montrèrent que lorsque les effluves présentent quelque énergie, cette fixation se fait à l'état d'acide azotique ou d'ammoniaque; en effet, la vapeur d'eau est facilement dissociée sous l'influence des effluves, et quand on agit en présence de l'azote, forme de l'ammoniaque qui peut s'unir à la matière organique pour fournir un composé amidé ; quand au contraire l'effluve traverse l'air, il se forme facilement de l'acide nitrique.

En résumé, conclut M. Berthelot, les terrains argileux étudiés, sables et kaolins, possèdent la propriété de fixer lentement l'azote atmosphérique libre. Cette aptitude est indépendante de la nitrification (1) aussi bien que de la condensation de l'ammoniaque (1). Elle est attribuable à l'action de certains organismes vivants. Elle n'est pas manifeste en hiver, mais elle s'exerce plutôt pendant la saison d'activité de la végétation. Une température de 100 degrés l'anéantit... Elle a lieu dans l'obscurité, comme à la lumière, qnoique plus activement dans le premier cas (2).

Cas particulier des plantes légumineuses. — Bien que cette manière de voir de M. Berthelot fut approuvée pour son résultat final, un grand nombre d'agronomes se refusaient encore à accepter ces idées nouvelles, quand des expériences exécutées en Allemagne vinrent leur apporter des arguments décisifs.

On avait observé depuis longtemps, que les racines des Légumineuses, *trèfle*, *luzerne*, etc. (fig. 2 et 3) présentaient souvent des sortes de nodosités, dont l'origine et la fonction étaient mal connues, quand

(1) Dont il est parlé plus loin.
(2) Berthelot. *Mécanique chimique*, t. II.

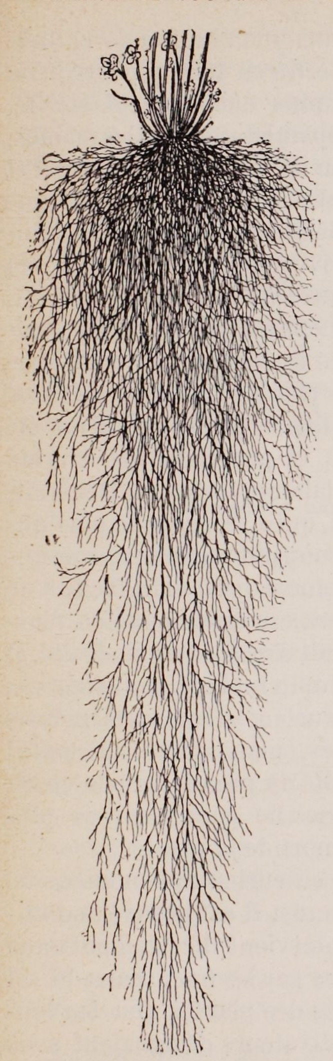


Fig. 2. — Racine de trèfle.

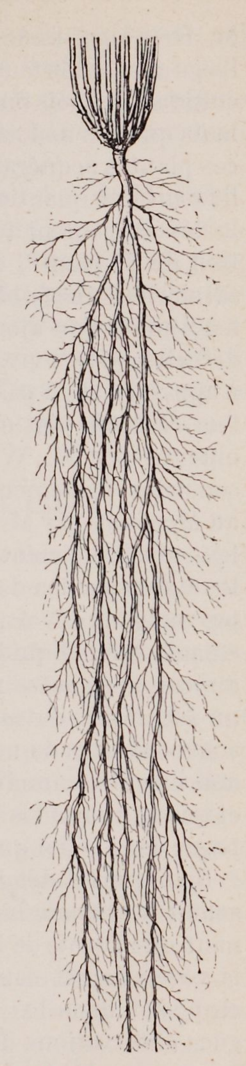


Fig. 3. — Racine de luzerne.

M. Hellriegel annonça dans une réunion de naturalistes allemands tenue à Berlin en 1886 que lorsqu'on cultivait des pois ou des lupins dans un sol stérile, mais que des nodosités apparaissaient sur les racines, ces plantes acquéraient un développement normal et fixaient une quantité notable d'azote. Il ajoutait que le développement des nodosités, qui favorise l'évolution de la plante, est provoquée par l'addition au sol stérile d'une faible quantité d'extrait de sol naturel, mais que si l'on ajoute cet extrait de sol après y avoir détruit les êtres vivants par la chaleur, les nodosités n'apparaissaient pas et les plantes restaient chétives. Ces résultats ont été confirmés par ceux qui ont été obtenus par M. Wiffarth et par ceux qui ont été constatés également au laboratoire de M. Dehérain au Muséum, par M. Bréal, qui a reconnu de plus que les nodosités étaient beaucoup plus riches en azote que les autres parties de la racine et qu'il était facile d'en provoquer le développement sur une racine en l'inoculant avec le liquide extrait d'une autre nodosité. Il a reconnu en outre qu'un lupin inoculé, enraciné dans un sol stérile, devient luxuriant et que ses racines sont couvertes de nodosités, mais qu'un autre pied non inoculé, enraciné à côté du premier, reste chétif et que par suite les bactéries ne paraissent se propager dans le sol qu'à la mort de la plante.

Bien que les détails de ce curieux phénomène ne soient pas encore bien connus, il est prouvé maintenant que l'azote de l'air intervient directement dans la végétation et commence par se fixer dans le sol ou plutôt dans les racines des plantes que les longues observations des cultivateurs désignaient sous le nom de *plantes améliorantes* (1) ; que cette fixa-

(1) Notamment la luzerne, le trèfle, le sainfoin, le lupin, etc.

tion est due à l'action des corps bactériformes qui pullulent dans ces nodosités. Ces bactéries se répandent sans doute dans le sol après la mort de la plante qui les a nourries, et contribuent à l'enrichissement du sol qui les a portées(1).

Il résulte notamment des recherches de M. Bréal, que, seules, les légumineuses sont capables de capter l'azote atmosphérique et de plus qu'il y a pour elles obligation de recourir à cette source azotée, les engrais ammoniacaux et nitriques étant sans influence sur leur végétation. Il cite à l'appui un essai de récolte de lentilles obtenue dans l'eau, avec et sans le secours de ces sels, et n'accusant pas de différence appréciable (2).

Composés azotés de l'air.

Ammoniaque. — La présence de l'ammoniaque dans l'air a été signalée pour la première fois par de Saussure. Elle s'explique aisément, car il se dégage toujours de l'ammoniaque dans la putréfaction des matières animales. Dans l'air cette base en rencontrant de l'acide carbonique, se combine avec ce dernier et forme du carbonate d'ammoniaque gazeux. On y trouve aussi un peu de nitrate d'ammoniaque solide. Or, ces sels étant très-solubles dans l'eau existent nécessairement dans les eaux météoriques ; il résulte des recherches de M. Warington que la pluie apporte annuellement par hectare de terrain 2 k. 700 d'ammoniaque.

Pour expliquer la circulation de l'ammoniaque à la surface du globe, M. Schlœsing a imaginé une théo-

(1) *Annales agronomiques*. T. XIV.
(2) *Journal d'agriculture pratique*, 1889, t. I.

rie très-ingénieuse qui peut être ainsi résumée. L'ammoniaque de l'air apportée au sol par les pluies s'y transforme en nitrate dont une portion est utilisée pour la nourriture souterraine des plantes, tandis que le reste est entraîné par les eaux de drainage, puis charrié par les cours d'eau et finalement déversé dans la mer. C'est ainsi que d'après les calculs de Boussingault, la Seine seule charrie par jour une quantité de nitrate équivalent à 238.000 k. de nitrate de potasse. Cependant l'eau des mers ne contient que des traces très faibles de nitrates, or ceux-ci seraient absorbés par les plantes marines dont la destruction ultérieure fournit de l'ammoniaque. La mer contient en effet 0 milligr. 4 à $0^{m}5$ d'ammoniaque par litre. Cette base se diffuse dans l'atmosphère, et les vents la ramènent vers les cultures des continents.

Cependant, nous le répétons, le stock d'ammoniaque que renferme l'atmosphère est très petit ; la couche d'air qui couvre un hectare ne contient guère que 1 k^{gr}. 5 d'ammoniaque.

Assimilation de l'ammoniaque de l'air par les plantes. — Il semble aujourd'hui démontré, grâce aux expériences de MM. Georges Ville, Sachs, Schlœsing, etc., que les parties aériennes des plantes peuvent s'assimiler les faibles proportions d'ammoniaque répandues dans l'air, car la végétation est beaucoup plus prospère dans une atmosphère riche en ammoniaque.

M. Schlœsing est parvenu à élever des plants de tabac en ne leur fournissant d'autre engrais azoté que carbonate d'ammoniaque diffusé dans l'air environnant.

Fixation de l'ammoniaque par la terre. — Mais l'ammoniaque aérienne n'est pas seulement apportée

aux plantes par les eaux météoriques et par l'assimilation des parties vertes des plantes, la terre elle-même, et surtout la terre argileuse, a la propriété de fixer l'ammoniaque de l'air et de le nitrifier rapidement, ainsi qu'il résulte des belles recherches de M. Schlœsing. C'est surtout pour les terres humides et bien ameublies que cette absorption est manifeste.

M. Schlœsing a fait passer de l'air à travers trois hectolitres de terre fertile, d'humidité moyenne, placés dans une cuve en bois; il dosait en même temps l'ammoniaque entraînée. Dans trois expériences, le titre de l'air, après son passage sur la terre, a été bien inférieur au titre minimum observé dans l'atmosphère; donc, si ces terres avaient été étalées au contact de l'air, elles lui auraient certainement emprunté de l'ammoniaque.

Azote nitrique. — La présence des produits nitrés dans l'atmosphère ne doit pas nous surprendre. Dans un flacon rempli d'air bien sec, faisons à l'aide d'une bobine d'induction éclater une série d'étincelles électriques: nous voyons, suivant la remarque de M. Paul Sabatier (de Toulouse), apparaître une coloration rouge orangé. Sous l'influence des étincelles, l'oxygène et l'azote se sont combinés et ont donné naissance à un composé gazeux rouge qui est l'acide hypoazotique. Si l'air est humide, il se forme au lieu du gaz rouge une vapeur incolore et soluble dans l'eau, qui n'est autre que de l'acide nitrique, facile à caractériser par ses propriétés chimiques (1).

Dans la nature, le même phénomène se produit avec une intensité beaucoup plus grande. Pendant les ora-

(1) P. Sabatier, *Leçons élémentaires de chimie agricole*. Paris 1890.

ges, les éclairs, véritables étincelles électriques, traversent l'air sur une longueur énorme qui atteint parfois plusieurs kilomètres. Sur leur passage, la combinaison d'oxygène et d'azote a lieu, et fournit des doses plus ou moins importantes d'acide nitrique. Cet acide se combine en majeure partie à l'ammoniaque de l'air, pour donner du nitrate d'ammoniaque solide, en parcelles très fines, que les vents emportent au loin et dispersent. Les pluies dissolvent ce nitrate et l'apportent à la terre ; la proportion de nitrates qu'elles renferment est assez variable : Boussingault y a trouvé, par litre, jusqu'à $\frac{93}{100}$ de milligrammes d'acide nitrique combiné. Les pluies totales de l'année fournissent ainsi au sol des poids assez considérables de nitrates ; les résultats obtenus sur ce point sont assez discordants, ce qui tient sans doute à des écarts réels d'une région à l'autre.

Le poids d'azote nitrique total, apporté ainsi annuellement par les pluies sur 1 hect. de terre a été trouvé :

En Alsace (Boussingault) égal à	0 k. 33
A Rothamstedt (Lawes, Gilbert)	0 81 à 1. 1
En Provence (Chabrier)	2 8

Quant à l'acide nitrique contenu dans l'air, on le dose assez difficilement parce qu'il s'y trouve à l'état de nitrate d'ammoniaque, poussière solide, ténue, très-difficile à condenser. Cependant certaines mesures ont été faites. A Montsouris, 100 mètres cubes d'air renferment en moyenne de 1 milligr. 5 à 6 milligr. 4 d'acide nitrique. Pendant les orages, la proportion a atteint jusqu'à 12 milligrammes par litre.

Dans les régions équatoriales, où les orages, très-fréquents, ont une violence extraordinaire, les pro-

duits nitrés doivent être beaucoup plus abondants. D'après des résultats récents, communiqués par MM. Müntz et Marcano, la quantité d'azote nitrique apportée au sol pendant une année par les eaux pluviales, est à Caracas (Vénézuela) de 5 kilos. 8 par hectare. A Saint-Denis (île de la Réunion), la dose s'élève presque à 7 kilogrammes par hectare. C'est une véritable fumure azotée. On s'explique ainsi, dans une certaine mesure, la puissance des végétations spontanées dans les contrées tropicales.

Rôle fertilisant de la pluie. — Pour terminer ce qui a rapport au rôle de l'atmosphère dans la nutrition azotée des végétaux, nous ferons remarquer que les pluies, en balayant l'air apportent sur le sol la plus grande partie des principes fertilisants qui s'y trouvent, non-seulement les composés nitrés et ammoniacaux, mais encore du chlorure à l'état de chlorure de sodium ou sel marin, entraîné par les vents de la mer, de l'acide sulfurique et chlorhydrique provenant des volcans, et aussi de l'azote provenant des poussières organisées de l'air.

C'est ainsi que d'après les recherches poursuivies pendant près de dix ans à Rothamstedt par M. Warington, la pluie apporte annuellement sur un hectare de terrain, *dans cette localité* :

Chlore	16 kgr.
Acide sulfurique	19
Ammoniaque	2 7
Acide nitrique	4 4
Azote organique	1

Mais nous le répétons ces chiffres n'ont rien d'absolu et varient avec les localités et même les années.

CHAPITRE III

L'ALIMENTATION MINÉRALE DES PLANTES ET LA TERRE ARABLE.

Nous avons vu que le carbone, l'hydrogène, l'oxygène et une partie de l'azote des végétaux sont puisés, plus ou moins directement, dans l'atmosphère ; mais le reste de l'azote et tous les autres éléments constitutifs des plantes sont pris dans le sol et ceci est surtout vrai pour l'acide phosphorique, la potasse, la chaux, éléments essentiels de la fertilité. La terre contient naturellement une certaine quantité de ces substances, mais une culture quelque peu suivie finit par l'épuiser et il devient indispensable de les remplacer par la pratique des engrais.

Avant de voir comment l'azote, l'acide phosphorique, la potasse, la chaux, etc. du sol pénètrent dans les végétaux et s'y transforment en produits organiques, nous étudierons la terre arable en elle-même en la considérant comme support des végétaux, et comme réservoir, comme une sorte de garde-manger destiné à recevoir les engrais, c'est-à-dire les aliments des plantes.

Constitution de la terre arable.

La terre arable ou terre végétale est le résulat de la désagrégation des roches constituant l'écorce solide du globe ; désagrégation provoquée par l'influence des agents atmosphériques et des actions mécaniques

lentes qui se sont succédées pendant l'action des siècles et qui se continuent encore aujourd'hui.

On voit donc qu'une terre végétale quelconque devra participer, tant au point de vue physique, qu'au point de vue chimique, des propriétés de la roche qui lui a primitivement donné naissance. C'est ainsi qu'une roche quartzeuse, le grès par exemple, donnera naissance à une terre sableuse ou siliceuse, tandis qu'une roche feldspatique, un granit par exemple, donnera naissance à une terre compacte et argileuse.

Terres formées sur place et terres de transport. — Lorsqu'on examine une tranche verticale de la surface de la terre recouverte d'une couche arable, on y distingue assez facilement trois portions assez distinctes (fig. 4) :

1° A la partie supérieure, le *sol actif* (*A*), couche meuble plus ou moins riche en débris organiques, c'est la partie attaquée par les instruments de culture et où le système radiculaire des végétaux se développe.

Fig. 4. — Terre arable.
A Sol actif. *V* Sol vierge. *S* Sous-sol.

2° Immédiatement en dessous, une couche peu épaisse, un peu moins meuble, renfermant encore des matières organiques, mais que les instruments de culture n'attaquent pas, c'est elle qui forme le plus

généralement la limite de profondeur des labours. Cette partie constitue le *sol-vierge* (*V*).

3° Enfin, la roche sous-jacente, ne renfermant pas de matières organiques et qui à vrai dire n'est pas de la terre végétale, c'est la couche géologique éminemment variable suivant la localité; cette portion constitue le *sous-sol* (*S*).

L'étude comparative de ces trois parties constitutives d'un *terrain agricole* permet de tirer des conclusions fort intéressantes et fécondes en applications pratiques, en ce qui concerne le mode de formation et l'origine de la terre considérée.

En effet, on serait tenté de croire de prime abord qu'une terre doit toujours participer de la nature du sous-sol sur lequel elle repose. Or, il n'en est pas toujours ainsi; très souvent une terre végétale de nature calcaire par exemple repose sur un sous-sol d'une toute autre composition où l'élément calcaire fait même totalement défaut, c'est le cas des terres de transport ou d'alluvion qui ont été déposées à l'endroit où elles se trouvent par les eaux courantes. Le type par excellence de ces terres de transport est le loess dont la formation remonte à l'époque glaciaire et qu'on observe en placage sur toutes les formations géologiques. C'est ainsi que sur le coteau de Meudon, près Paris, on voit le loess plaqué sur les assises du calcaire grossies et de l'argile plastique.

La plus grande partie des terres végétales de nos champs a été ainsi déposée par des sédiments, et les terres locales, c'est-à-dire formées sur place, qui par leurs propriétés physiques et chimiques participent, plus ou moins du sous-sol sur lequel elles reposent sont beaucoup moins communes.

Eléments constitutifs de la terre arable. — Une terre végétale quelconque, qu'elle soit formée sur place ou transportée, est toujours composée de deux groupes d'éléments. Les uns dont le rôle est plus spécialement physique, les autres, beaucoup moins abondants dont le rôle est plus particulièrement chimique.

Les premiers sont :

Le *sable*, l'*argile*, le *calcaire*, l'*humus*, dont nous allons dire un mot, car leurs proportions relatives dans une terre arable joue un grand rôle sur le mode d'action et sur la durée des engrais qu'on y incorpore.

Sable ou silice. — L'ensemble des matières terreuses, lourdes et délayables dans l'eau, qui tombent au fond du vase où l'on délaye une terre, constitue la silice ou sable siliceux.

A l'état pur, la silice forme une poudre blanche, rude au toucher ; elle provient de la désagrégation des roches quartzeuses (grès, meulière, quartzite, etc.)

La silice n'a aucune affinité pour l'eau, par laquelle elle se laisse facilement traverser. Elle s'échauffe très vite et se refroidit de même, elle laisse évaporer très rapidement la faible quantité d'eau (environ 15 p. 100) dont elle peut être imprégnée.

Sa présence en quantité plus ou moins considérable dans une terre arable, la rend légère, facile à travailler, mais sèche.

Argile. — L'argile est l'ensemble des matières terreuses d'un sol végétal, délayables dans l'eau et faisant avec elle une pâte plus ou moins liante.

Au point de vue chimique, l'argile est un composé assez complexe, un silicate d'alumine hydraté répondant à peu près à la formule : $Si\,O^3\,Al^2\,O^3\,2\,H\,O$.

C'est là la composition de l'argile pure ou Kaolin, mais l'argile des terres est généralement mélangée à des proportions variables de chaux, de silice et d'oxyde de fer.

L'argile provient de la décomposition des feldspaths renfermés dans les roches granitiques, porphyriques et autres. L'acide carbonique de l'air ou de l'eau en agissant sur les fedspaths s'empare de leur base alcaline, potasse, soude ou chaux et les transforme en carbonate, la silice mise en liberté est rendue soluble et se trouve entraînée par les eaux, et le silicate d'alumine qui reste en s'hydratant devient l'argile. Voici d'ailleurs la réaction chimique :

$$\underbrace{6\,Si\,O^3\,2(Al^2\,O^3)\,KO}_{\text{Feldspath-orthose}} + \underbrace{CO^2}_{\text{acide carbonique}} + \underbrace{4\,HO}_{\text{eau}} = \underbrace{CO^2\,KO}_{\text{carbonate de potasse}} + \underbrace{4\,Si\,O^3}_{\text{silice}}$$

$$+ \underbrace{2\,Si\,O^3\,Al^2\,O^3\,2\,HO}_{\text{argile}}$$

Le caractère le plus saillant de l'argile est de happer à la longue lorsqu'elle est sèche ; lorsqu'elle est humide elle adhère fortement aux corps mis en contact avec elle. L'argile est grasse et onctueuse au toucher. Les argiles se délayent facilement dans l'eau, mais elles ne sont pas solubles et se déposent toujours au fond au bout d'un temps assez long.

L'argile absorbe lentement l'eau, mais elle peut en retenir 70 pour 100 de son poids; lorsqu'elle est ainsi saturée d'eau, elle devient imperméable à ce liquide. En se desséchant, l'argile se contracte et éprouve un retrait considérable qui se manifeste par un fendillement en tous sens ; mais par une nouvelle humectation, elle reprend ses propriétés premières. Il

n'en est pas de même lorsqu'on soumet l'argile à une forte chaleur, elle perd alors son eau *de combinaison* et se transforme en *brique* dont les propriétés se rapprochent de celles de la silice.

La présence de l'argile dans les terres les rend tenaces, froides et humides, difficiles à travailler et s'échauffant difficilement, aussi les récoltes dans les terres argileuses sont-elles généralement tardives.

L'argile possède à un très-haut degré la propriété de condenser l'oxygène et surtout l'ammoniaque de l'air, il est très facile de s'en assurer en introduisant quelques fragments d'argile dans une fiole en verre (fig. 5), on arrose avec une solution concentrée de potasse caustique et on expose le tout à une douce chaleur, les vapeurs qui sortent alors de la fiole laissée ouverte ont la propriété de ramener au bleu un papier rouge de tournesol humide qu'on place au-dessus.

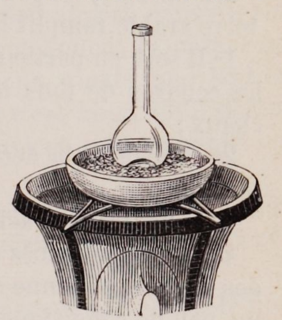


Fig. 5. — Essai d'une terre argileuse.

L'argile, en raison de sa compacité, conserve les produits utiles de la décomposition des engrais, elle les retient entre ses molécules et ne les cède que lentement, aussi les terres argileuses sont-elles longues à s'épuiser.

Enfin l'argile est riche en sels potassiques.

Calcaire. — Le calcaire ou carbonate de chaux qu'on trouve dans la terre a, au point de vue physique et mécanique, des propriétés physiques intermédiaires entre l'argile et la silice.

Le calcaire est l'ensemble des matières terreuses qui font effervescence avec les acides et s'y dissolvent.

Cette substance absorbe et retient l'eau avec un peu plus d'énergie que la silice, mais pas autant que l'argile.

Le calcaire est insoluble dans l'eau pure, mais partiellement soluble dans l'eau chargée d'acide carbonique.

Comme nous le verrons par la suite, le rôle du calcaire dans le sol est double, il agit physiquement et chimiquement, car c'est lui qui fournit aux plantes la chaux dont elles ont besoin.

En résumé, on peut dire que le calcaire dans une terre arable remplit les rôles suivants:

1° Il sert en partie de nourriture aux plantes, car les cendres de tous les végétaux renferment de la chaux;

2° Il favorise la décomposition des matières organiques;

3° Il neutralise l'acidité des terres;

4° Il corrige l'excès de tenacité et d'imperméabilité des argiles, et donne au contraire un certain liant et un peu de consistance aux terres trop siliceuses.

Humus ou terreau. — L'humus ou matière brune, dont la présence caractérise véritablement la terre arable ou terre végétale, est le résultat de la décomposition des matières organiques et surtout des résidus végétaux. Au point de vue chimique, l'humus est encore imparfaitement connu, en réalité il revêt plusieurs aspects auxquels on donne le nom de corps humiques. Ceux-ci sont formés de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote. Leur coloration est

brune ou noirâtre, c'est à leur présence et à celle de l'oxyde de fer que la terre doit sa coloration plus ou moins foncée.

Les corps humiques se trouvent généralement dans le sol à l'état de combinaisons avec la chaux, la magnésie, la potasse, la soude, l'oxyde de fer et l'alumine.

En se décomposant dans le sol, sous l'action de l'oxygène de l'air, le terreau donne naissance à des quantités considérables d'acide carbonique.

Les qualités physiques que le terreau communique à la terre sont très importantes ; c'est principalement à sa présence que la terre végétale doit cet ameublissement et cette homogénéité qui est si favorable au développement des plantes. Son apport dans un sol qui en manque, modifie complètement la nature de celui-ci dans un sens favorable, quelle que soit la terre sur laquelle on opère ; c'est ainsi qu'il donne du corps aux terres trop légères et qu'il ameublit les terres trop fortes.

Par la coloration foncée qu'il donne aux sols, il rend ceux-ci plus aptes à absorber les radiations calorifiques du soleil.

M. Grandeau attribue au terreau un autre rôle non moins important, c'est de former avec les éléments minéraux de la terre de véritables combinaisons et à les offrir ainsi aux racines des plantes, sous une forme dont celles-ci peuvent facilement s'emparer.

Constitution normale de la terre arable. — Suivant la prédominance de l'un ou de l'autre de ces quatre éléments physiques ou mécaniques, on a des terres ayant des propriétés physiques et culturales bien différentes.

Cependant, une terre normale moyenne renferme en général pour 100 parties :

de 20 à 30 parties d'argile.
de 50 à 60 parties de sable.
de 5 à 15 de calcaire.
de 4 à 10 d'humus.

Un sol ainsi composé constitue ce qu'on appelle une *terre franche* ou terre moyenne ; si l'un ou l'autre des éléments constitutifs domine on a une terre spéciale, dont le tableau ci-contre montre la nature et la dénomination.

Eléments chimiques de la terre arable.

Les éléments chimiques de la terre arable sont très nombreux, mais tous ne jouent pas dans la nutrition des plantes un rôle d'égale importance; parmi les principaux, nous citerons l'azote, l'acide phosphorique, la chaux, la potasse, la soude, la magnésie, le manganèse, l'oxyde de fer, etc.

Azote de la terre. — On trouve l'azote dans les terres arables sous trois formes distinctes :

1° Azote nitrique,
2° Azote ammoniacal,
3° Azote organique.

Azote nitrique. — Nitrification. — C'est sous forme de nitrates, surtout de nitrate de potasse qu'on trouve cet élément dans le sol, d'ailleurs, ne voit-on pas communément ce sel former des efflorescences nitreuses dans les caves, les grottes et même sur les parois des murailles. C'est la forme éminemment soluble et assimilable de l'azote des terres.

Ces nitrates se produisent dans le sol à l'aide de l'ammoniaque ou plutôt des sels ammoniacaux pro-

EMBRANCHEMENTS	CLASSES	ARGILE	SABLE	CALCAIRE	TERREAU
Base du classement.	I. — Terres franches. (Les éléments se font équilibre).	20 à 30 0/0	50 à 70 0/0	5 à 10 0/0	4 à 10 0/0
TERRES ARGILEUSES. (Ayant plus de 30 0/0 d'argile). Les propriétés de l'argile dominent celles des autres éléments.	II. — Terres argileuses. (L'argile domine seule).	+ de 40	— de 50	— de 5	4 à 10
	III. — Terres argilo-sableuses. (L'acide domine et après elle le sable).	+ de 30	50 à 70	— de 5	4 à 10
	IV. — Terres argilo-calcaires. (L'argile domine et après elle le calcaire)	+ de 30	— de 50 (où le calc. abonde).	5 à 10	4 à 10
	V. — Terres argilo-humifères. (L'argile domine et après elle le terreau)	+ de 30	— de 50	— de 5	+ de 10
TERRES NON-ARGILEUSES (ayant moins de 20 0/0 d'argile) (Les propriétés de l'argile sont dominées par celles du sable ou du calcaire ou du terreau).	VI. — Terres sableuses. (Le sable domine seul).	— de 10	+ de 80	— de 5	4 à 10
	VII. — Terres sablo-argileuses. (Le sable domine et après lui l'argile).	10 à 20	+ de 70	— de 5	4 à 10
	VIII. — Terres sablo-calcaires. (Le sable domine et après lui le calcaire)	— de 10	+ de 70	5 à 10	4 à 10
	IX. — Terres sablo-humifères. (Le sable domine et après lui le terreau)	— de 10	+ de 70 (où le calc. abonde).	— de 5	+ de 10
	X. — Terres calcaires. (Le calcaire domine seul).	— de 10	50 à 70 (où le calc. abonde)	— de 10	4 à 10
	XI. — Terres humifères. (Le terreau domine seul).	— de 10	— de 50	— de 5	+ de 15

venant de la décomposition des matières organiques, par une oxydation, effectuée dans un milieu convenable. Nous examinons plus bas les conditions de cette *nitrification.*

Il y a peu de temps encore, on n'attachait aucune importance aux nitrates de la terre arable. Sous l'influence des doctrines de Liebig, on croyait que l'ammoniaque seule était capable de fournir de l'azote aux plantes. C'est à MM. Cloëz, G. Ville et surtout Boussingault qu'on doit les belles expériences qui démontrèrent sans conteste qu'on peut assurer la nutrition azotée des végétaux par l'emploi *exclusif* des nitrates.

Il est aujourd'hui bien démontré que la nitrification est due à un être organisé, à un ferment qui se trouve répandu en abondance dans la terre et qui fonctionne dans certaines conditions déterminées.

Le phénomène de la nitrification a été tout particulièrement étudié par MM. Duclaux, Schlœsing, Müntz, Gayon et Dehérain. D'après ce dernier auteur, la démonstration de cet important problème découle des points suivants :

1° Une terre susceptible de transformer les matières azotées en nitrates perd cette propriété si elle est portée à 110 degrés centigr. ; elle est dans ce cas *stérilisée,* et devient incapable de provoquer la nitrification ; mais,

2e elle retrouve ses propriétés premières si elle est mélangée avec une terre qui n'a pas été chauffée ; on procède dans ce cas à un véritable ensemencement du ferment nitrique ;

3e On reconnaît que ce ferment est un être organisé à l'action curieuse qu'exerce sur lui le chloroforme; une terre qui transforme aisément l'ammoniaque en

acide azotique, perd momentanément son action, quand elle est placée dans une atmosphère imprégnée de vapeurs de chloroforme ; quelque temps après que ces vapeurs se sont dissipées, elle reprend ses qualités premières.

Le ferment nitrique parait être un organisme d'une extrême petitesse, il n'a jamais été isolé et soumis à une culture régulière comme beaucoup d'autres ferments chimiques ou pathogènes. Ce ferment paraît très-répandu. M Warington, qui a recherché sa distribution dans la terre arable, l'y a toujours trouvé dans les couches superficielles, mais au contraire assez irrégulièrement distribué au-dessous de 225 millimètres.

Les conditions d'activité du ferment nitrique sont les suivantes :

1° Présence de l'air,

2° Humidité convenable,

3° Présence d'une matière azotée,

4° Présence d'une base salifiable.

La nitrification de l'ammoniaque est très-rapide dans un sol humide. Dans les expériences exécutées par M. Dehérain, ce savant a reconnu que dans une terre renfermant environ 15 centièmes d'humidité, toute l'ammoniaque, à raison de 50 milligrammes de sulfate d'ammoniaque pour 100 grammes de terre, était transformée en azote nitrique dans l'espace d'un mois.

La nitrification des matières noires du fumier est beaucoup plus lente que celle de l'ammoniaque, plus lente aussi que la matière organique azotée de la terre. Les nitrates ne se forment pas avec la même facilité dans tous les sols cultivés, mais il n'y font jamais

complétement défaut ; il n'en est pas ainsi pour les sols non labourés. C'est ce qu'avait reconnu depuis longtemps M. Boussingault et ce qui a été confirmé par M. Bréal dans une étude approfondie à laquelle il s'est livré. En effet, le ferment nitrique étant *aérobie*, c'est-à-dire ne fonctionnant qu'en présence de l'oxygène de l'air, on comprend que les labours ont pour effet de le mettre en activité. Or, les nitrates ainsi formés étant éminemment solubles dans l'eau, une grande partie se perd par les eaux de drainage (1) s'il n'y a pas de plantes toutes prêtes à les absorber. Donc les labours ont pour conséquence finale d'appauvrir le sol en nitrates, cependant on ne peut se dispenser de les exécuter, c'est une des nécessités les plus insurmontables de la culture. Dans les terres non labourées, les prairies et les jachères par exemple, la nitrification ne se produisant pas, et ces terres recevant toujours plus ou moins d'azote du dehors, s'enrichissent plutôt qu'elles ne s'appauvrissent en azote.

L'activité du ferment nitrique ne s'exerce qu'entre certaines limites de température. Au dessous de 5° l'action est minime, presque nulle; elle ne devient appréciable que vers 12°. Pour des températures croissantes, la nitrification devient plus rapide; elle atteint son maximum vers 37°, puis elle diminue rapidement et cesse tout à fait vers 55° ; vers 100° le ferment nitrique est tué. D'après ce qui précède, on voit que les labours d'hivers sont moins dangereux au point de vue des déperditions de l'azote, qu'on ne serait tenté de le croire.

(1) M. Way faisant diverses analyses a trouvé de 27 à 165 milligrammes d'acide nitrique, dans un litre d'eau de drainage.

La nitrification ne paraît pas susceptible de se produire dans un milieu acide. On conçoit dès lors, que s'il n'existe pas dans les mélanges mis à nitrifier, un alcali susceptible de saturer l'acide nitrique à mesure qu'il se produit, la formation ultérieure des nitrates soit complétement entravée. Il a été reconnu que si une légère réaction alcaline était nécessaire, un excès de base soluble était au contraire nuisible. L'influence fâcheuse de la chaux caustique sur la nitrification a été signalée depuis longtemps par Boussingault. Un chaulage énergique appliqué à une terre peut donc suspendre la nitrification pendant un certain temps, jusqu'à ce que la chaux ait été carbonatée dans le sol, mais le résultat final ne peut manquer d'être favorable, si la terre à l'origine, manquait de chaux.

Azote ammoniacal. — La plus grande partie des sels ammoniacaux du sol devient assimilable par les plantes après avoir été transformée en nitrates par le phénomène dont il vient d'être question. Cependant, tout récemment M. A. Müntz, l'éminent professeur de l'Institut agronomique, s'est demandé si les sels ammoniacaux peuvent sans transformation préalable servir d'aliments aux plantes. En laissant des plantes dans un sol dépourvu de nitrates et soustrait à l'action du ferment nitrique, sol ne contenant que des sels ammoniacaux comme fumure azotée, il a réalisé les conditions nécessaires à la démonstration de ce problème.

M. Müntz a aussi mis en expérience de l'orge, du chanvre, du maïs, des fèves et des féveroles, les observations ont été continuées de 1885 à 1888 et ont donné les mêmes résultats, à savoir : que les végé-

taux supérieurs peuvent absorber directement par leurs racines l'azote ammoniacal et que, par suite la nitrification des engrais ammoniacaux n'est pas une condition indispensable de leur utilisation.

M. Pagnoul, directeur de la Station agronomique d'Arras, a entrepris au commencement de 1890 quelques essais dans le même sens et les résultats de ses essais faits sur du gazon sont pleinement conformes à ceux qui ont été obtenus par M. Müntz.

Les conclusions pratiques qu'en tire M. Pagnoul, au point de vue de la fertilisation, c'est que, lorsque toutes les conditions sont remplies pour que la nitrification soit active, comme c'est le cas le plus ordinaire sur nos terres cultivées, l'azote peut être indifféremment apporté par les engrais sous forme nitrique ou sous forme ammoniacale. Mais lorsque la nitrification est entravée pour une cause quelconque, l'emploi direct des nitrates est de beaucoup préférable à celui des sels ammoniacaux. (1)

Azote organique de la terre arable. — D'après ce qui précède, on voit que le stock de réserve, en ce qui concerne l'azote du sol, est surtout constitué par l'azote organique qui se nitrifie très-lentement, car l'azote ammoniacal aussi bien que celui ayant pour origine les nitrates peuvent être *directement* absorbés par les racines des plantes.

La plus grande partie de l'azote du sol, soit environ 98 pour 100, se trouve à l'état de combinaison organique, avec le carbone, l'hydrogène et l'oxygène constituant l'humus ou corps bruns, matière très-voisine des substances albuminoïdes.

(1) Voy. sixième partie, chapitre II.

Cette matière résulte de la putréfaction dans le sol, des résidus organiques qui s'y trouvent; putréfaction due à la présence d'agents microscopiques vivants. Aucune matière enfouie dans la terre n'échappe à l'action destructive de ces microbes qui sont très abondants dans le sol, puisque d'après Adametz, *un* gramme de terre n'en renferme pas moins de 500.000. Ces microbes producteurs d'humus sont aérobies, aussi l'accès de l'air favorise-t-il la production des corps bruns.

Pendant cette action chimique il se dégage de l'acide carbonique et de l'ammoniaque, c'est la principale source de l'ammoniaque du sol.

Quant à l'azote même de l'humus, qui comme dans la plupart des matières albuminoïdes, s'y trouve sous forme de principes *amidés*, il se nitrifie lentement dans le sol, à mesure des besoins des plantes; nous nous sommes précédemment expliqué sur cette nitrification.

Azote total du sol. — L'azote total se montre généralement abondant dans la terre. Les sols les plus pauvres en contiennent rarement moins de 1000 kgs. par hectare, ce qui suffirait à 20 récoltes de froment. Il y en a qui vont jusqu'à 15.000 k. et enfin M. Joulie en a trouvé 72.000 k. à l'hectare dans une terre provenant d'un marais desséché, cette quantité véritablement énorme correspond à environ 2 p. 100 du poids de la terre. Mais cette grande richesse des terres en azote n'est qu'apparente, attendu que cet élément renfermé dans le sol est loin d'être assimilable en totalité.

La quantité d'azote indiquée par l'analyse chimique d'une terre est donc une ressource d'avenir dans laquelle le cultivateur pourra puiser plus ou moins vite

selon qu'il favorisera la nitrification. Toutefois, on fera bien de ménager la mise en valeur ; non-seulement on l'épuiserait rapidement, mais encore on nuirait à certaines récoltes. En effet, l'expérience apprend que lorsque l'azote assimilable d'une terre dépasse la proportion de 600 à 700 k. à l'hectare, pour 20 centimètres de profondeur, la végétation prend une vigueur exubérante qui ne lui permet plus de donner ses fruits. MM. Risler et Colomb-Pradel traduisent cette donnée d'une manière beaucoup plus tangible. On ne peut pas dépasser, disent-ils, 80 k. d'azote ammoniacal et surtout 80 k. d'azote nitrique, sans courir les risques de faire verser la récolte (il est question du blé). Avec une terre qui ne contient que 1/2 p. 1000 d'azote total, on ne peut avoir que peu de chances d'obtenir des récoltes de 29 à 34 hectolitres. Pour avoir quelque certitude d'atteindre ces rendements, il faut que la terre contienne au moins 3/4 p. 1000 d'azote total.

Dans une terre où la nitrification trouve toutes les conditions qui lui sont les plus favorables, 3/4 ou 4/5 p. 1000 d'azote organique produisent chaque année autant d'azote nitrique que 1 p. 1000 d'azote dans un sol moins *actif*, moins *chaud*, comme disent les praticiens. Par contre, une terre *froide*, où toutes les réactions nécessaires à la nitrification sont lentes et difficiles, devra contenir plus de 1 p. 1000 d'azote total pour fournir annuellement aux récoltes autant de nitrates que les précédentes (1).

Mais ici une question se pose : Quelles sont les proportions relatives d'azote nitrique, ammoniacal et organique dans une terre arable. Dans un kilogramme

(1) Risler et Colomb-Pradel. *L'Analyse chimique des terres.*

M. Boussingault a trouvé dans une terre de jardin (I) et dans une terre forte très-argileuse (II) les proportions suivantes :

	Azote organique.	Azote ammoniacal.	Azote nitrique.
I.	10 gr. 503	0 gr. 148	1 gr. 071
II.	1 397	0 009	0 015

On voit quelle erreur on commettrait si l'on considérait comme azote assimilable celui que le dosage total accuse dans la terre arable ; mais on se tromperait également si l'on supposait que la quantité de substance azotée qui sera à la disposition de la plante pendant la durée de la végétation, sera uniquement représentée par l'ammoniaque et les nitrates trouvés *au moment du dosage*. Ces deux composés se forment en quelque sorte d'une façon constante aux dépens de la matière azotée insoluble, et la quantité de nitrates qui se rencontre dans la terre arable varie notablement d'un jour à l'autre ; les pluies abondantes les font disparaître, tandis que la sécheresse, forçant l'eau à remonter par capillarité jusqu'aux couches supérieures, ramène à la surface les nitrates que les eaux du sol tiennent en dissolution.

Acide phosphorique de la terre arable. — Pour l'acide phosphorique comme pour l'azote, et plus encore pour celui-ci que pour celui-là, il est très difficile de séparer exactement par l'analyse chimique, la partie directement utile de celle qui devient peu à peu assimilable.

D'après M. Schlœsing on trouve, en général, dans les terres, des quantités d'acide phosphorique *total* comprises entre 1 et 2 1/2 p. 1000, mais il s'agit là de terres d'une certaine fertilité ; les terres dans lesquelles on trouve 0,05 p. 1000 de cet élément sont loin

d'être rares. La source de l'acide phosphorique contenu dans le sol n'est pas douteuse, l'analyse ayant signalé l'existence de ce corps dans toutes les roches granitiques, volcaniques, schisteuses et calcaires de presque tous les étages géologiques, depuis 3 p. 100 dans les laves jusqu'à 2 p. 1000 dans certains calcaires.

On trouve l'acide phosphorique dans les cendres de tous les végétaux cultivés, aussi joue-t-il un rôle très-important dans la fertilisation. M. Paul de Gasparin, se basant pour la richesse des sols sur la proportion d'acide phosphorique qu'ils contiennent, a même proposé de diviser les terres, quant à leur fertilité, en quatre groupes : 1° terres *très-riches*, contenant plus de 2 p. 1000 d'acide phosphorique ;

2° Terres *riches*, contenant de 1 à 2 p. 1000 d'acide phosphorique ;

3° Terres *moyennement* riches renfermant de 0, 5 à 1 p. 1000 de cet élément ;

4° Terres *pauvres*, contenant moins de 0, 5 p. 1000 d'acide phosphorique.

Néanmoins nous devons faire remarquer que ces dénominations ne s'appliquent ici *qu'à l'acide phosphorique ;* dont le rôle dans la fertilité des terres, quoique très-important, n'est pas prépondérant et exclusif.

La destination naturelle des terres pauvres en phosphates, est la forêt. Tandis que la plus maigre récolte de blé doit trouver dans le sol qui la produit 20 à 25 kgr. d'acide phosphorique par hectare, une forêt de pins en demande seulement 4 k. 75 par an et par hectare.

En réalité, le phosphore existe dans la terre végétale, ainsi que l'a reconnu depuis longtemps M. P.

Thénard (1), à peu près exclusivement sous forme de phosphate de sesquioxyde de fer ou d'alumine, c'est à dire à l'état absolument insoluble. De ce fait même, la richessse du sol en acide phosphorique total, aussi bien qu'en azote total, décelée par l'analyse chimique, est un capital passif, dont l'agriculteur ne dispose pas à son gré, parce qu'une très faible partie des substances qui le constitue se trouve à l'état assimilable. D'ailleurs il convient de remarquer que les quantités d'acide phosphorique, indiquées dans une terre, varient beaucoup avec les procédés analytiques dont on fait usage. L'acide chlorhydrique étendu de beaucoup d'eau, ne peut dissoudre à froid qu'une faible proportion de l'acide phosphorique ou plutôt de la matière phosphorée du sol, tandis que le même acide, employé concentré ou à chaud, en décèle beaucoup plus, mais non encore la totalité.

C'est ainsi que M. Berthelot, ayant soumis une même terre à des procédés analytiques différents y a trouvé, par kilogramme de terre fine et sèche :

1°	Par	l'attaque à l'acide chlorhydrique étendu.....	0.gr 31
2°	Par	— — — — chaud	0.gr 93
3°	Par	— à l'acide nitrique pur et bouillant	1.gr 41
4°	Par	— au moyen de l'oxygène au rouge en présence du carbonate de soude (méthode rigoureuse).	1.gr 47

C'est la troisième méthode qui est la plus habituellement pratiquée, c'est celle dont on se contente, celle qui a été adoptée par le Congrès international de chimie, tenu à Paris du 30 juillet au 3 août 1889, relativement aux conditions des analyses des terres.

(1) Paul Thénard. *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. XL VI.

POTASSE DE LA TERRE. — Dans les cendres des végétaux, la potasse se trouve en quantité beaucoup plus forte que l'acide phosphorique.

Comme les deux éléments précédents, la potasse se trouve dans la terre arable sous deux états bien distincts :

1° A l'état de combinaisons solubles (nitrates, carbonates, chlorhydrates).

2° A l'état de combinaisons insolubles (silicates de potasse, etc).

Les proportions relatives de potasse sous ces deux formes ont une grande importance, comme le montrent les chiffres suivants empruntés aux analyses de MM. Boussingault, Liebig et Dehérain :

	Quantité de potasse	
	totale	solubles
Terre de Calèves (Suisse)	0.660	0.457
Terre de Fresne (Marne)..........	1.115	1.034
Terre de Brie.....................	1.120	0.375

Ce sont les terres d'origine volcanique et feldspathique qui sont les plus riches en potasse, cet élément s'y trouve parfois dans la proportion de 5 p. 1000

Par les procédés analytiques, tels qu'ils sont généralement pratiqués, on n'obtient jamais à beaucoup près, la potasse totale d'une terre, mais seulement la quantité de potasse, *soluble en quelques heures dans l'acide azotique* chaud ou dans *l'eau régale* chaude. Si la dose ainsi mesurée est forte, on peut en conclure, en général, que la nutrition potassique des récoltes est assurée suffisamment. C'est ainsi qu'une terre renfermant moins de 1 p. 1000 de potasse a besoin d'engrais potassiques.

Chaux de la terre. — Ce n'est pas à l'état de chaux libre que cette base existe dans le sol, mais bien à l'état de silicate, de sulfate, de phosphate, et surtout de carbonate de chaux ou calcaire. Enfin on y trouve aussi de l'humate de chaux, surtout dans les terres acides.

De tous les sels minéraux entrant dans la composition d'une terre arable parfaite, le carbonate de chaux est l'un des plus nécessaires à la fertilité du sol.

Sous la double influence de l'eau et de l'acide carbonique de l'air, le carbonate de chaux des fragments de calcaire naturel disséminés dans le sol se transforme en bicarbonate et se dissout. Il peut ainsi, à l'état de sel de chaux dissous dans l'eau, coaguler l'argile, fournir avec l'humus de l'humate de chaux colloïdal et concourir par cette double propriété à l'ameublement de la terre végétale préparée par les labours.

Sa solubilité lui permet encore de circuler librement dans le sol et d'y répandre la chaux nécessaire à l'alimentation de la plante.

Enfin la nitrification ou transformation, sous l'influence du ferment nitrique, des matières azotées incapables de nourrir directement le végétal, en acide nitrique assimilable, s'effectue avec le concours du carbonate de chaux. Celui-ci sature par sa base ou chaux, l'acide, au fur et à mesure de sa production.

Cette fonction doit toujours s'effectuer, car dans les terrains acides, tels que les terres de bruyères, la nitrification ne se fait pas. Il est donc indispensable que la terre arable soit alcaline, sans toutefois l'être trop : l'alcalinité faible de la chaux carbonatée est préférable à celle que produirait la chaux vive.

De là l'utilité de connaître la teneur d'une terre en calcaire ou l'absence complète de cet élément fertilisant, soit qu'il manque à la terre, soit qu'il ait été drainé par les eaux avec le temps (1).

(1) On utilise, d'après la méthode récente de M. de Mondésir, l'action ménagée d'un acide peu énergique sur les particules fines du calcaire, ainsi que sur la surface des gros grains que contient la terre soumise à l'expérience et on mesure sa proportion par la pression que l'acide carbonique corrélatif dégagé, exerce sur un manomètre communiquant avec le vase à réaction.

Si on agite fortement le système, l'équilibre de répartition de l'acide carbonique, de l'air et du liquide, est bientôt atteint. Or, pour un vase choisi, renfermant pour toutes les expériences la même quantité d'eau à la même température, la quantité d'acide carbonique répandue dans l'air du vase est proportionnelle à la dose totale ainsi que cela a été vérifié par un grand nombre d'expériences et, par conséquent, l'acide carbonique mis en liberté par l'acide peut être mesuré par l'accroissement de la tension du gaz.

M. de Mondésir évalue la variation de cette tension au moyen d'un petit manomètre à eau dont le réservoir est constitué par une vessie de caoutchouc immergée dans le liquide : qnand la pression augmente dans le flacon les parois de la vessie s'affaissent et l'eau s'élève verticalement dans un tube étroit.

Dans la pratique, l'usage de la vessie offre plusieurs inconvénients : le remplissage du manomètre avec sa vessie est assez délicat ; en outre, la vessie est fragile et se rompt fréquemment par l'agitation trop violente ; parfois il s'y développe avec le temps de légères fissures qui laissent suinter lentement le liquide manométrique, ce qui fausse tous les résultats ; enfin la vessie de caoutchouc n'est pas étanche à l'acide carbonique qu'elle laisse se dégager à travers sa paroi dans le tube manométrique ; aussi M. Couzi, préparateur à la Faculté des sciences de Toulouse, a-t-il légèrement modifié le dispositif :

Description de l'appareil de M. Adolphe Couzi. — Il se compose d'un flacon ordidaire de verre A (fig. 6) ayant une capacité d'environ 650 ou 700 c. cubes, le goulot est fermé par un bouchon de caoutchouc D percé de deux trous dans lesquels s'engagent deux tubes de verre, munis extérieurement de deux petits tubes de caoutchouc. L'un deux est fermé par une pince à ressort E dite pince de Mohr qui permet d'écraser et d'ouvrir ; l'autre est relié au manomètre B. Les portions des deux tubes de verre qui s'engagent dans le flacon sont terminées en biseau, déviées, et portent chacune un petit trou pratiqué à quelques centimètres de l'extrémité. Grâce à cette forme spéciale, le liquide peut être agité violemment sans jamais se fixer dans les tubes et pénétrer par suite de l'expansion du gaz carbonique dans le tube manométrique.

On peut encore simplifier en remplaçant les tubes spéciaux par des tubes droits, dont l'extrémité inférieure reçoit un petit bout de tube de caoutchouc O, ayant environ 4 centimètres et sur lequel on a d'un coup de ciseau pratiqué un petit trou à 2 centimètres de l'extrémité. Le caoutchouc par son trou latéral et sa mobilité dans les mouvements, s'oppose à toute projection du liquide dans le manonètre.

— Le manomètre se compose d'un étroit tube de verre, ayant 2 à 4 millimètres de diamètre, recourbé en deux branches parallèles inégales, qui est fixé sur une planchette verticale graduée en centimètres et millimètres; la plus longue branche a 60 centimètres environ.

Pour la commodité de l'opération, le flacon se trouve encastré dans une petite boite de bois où le flacon pénètre à frottement doux au quart de sa hauteur; cette boite est munie de deux poignées qui permettent d'agiter fortement le liquide intérieur. On peut à volonté fixer sur la boite la planchette du manomètre de 60 centimètres, lorsqu'on opère sur une petite portion de terre ainsi que cela a ordinairement lieu.

Si cependant on expérimentait sur une plus grande quantité de terre et surtout si cette dernière était très riche en calcaire, on pourrait relier par un tube de caoutchouc assez long, le flacon à un manomètre à eau de plus longue étendue fixé au mur du laboratoire.

Mode opératoire. — On remplit le manomètre C B par aspiration, avec de l'eau colorée, de manière que le niveau commun des branches soit à peu près à la moitié de la plus longue. On verse dans le flacon une certaine quantité d'eau, toujours la même, mesurée par exemple dans un flacon d'environ 100 centimètres cubes. Il faut éviter de prendre de l'eau riche en calcaire et se servir d'eau distillée, ou à défaut de

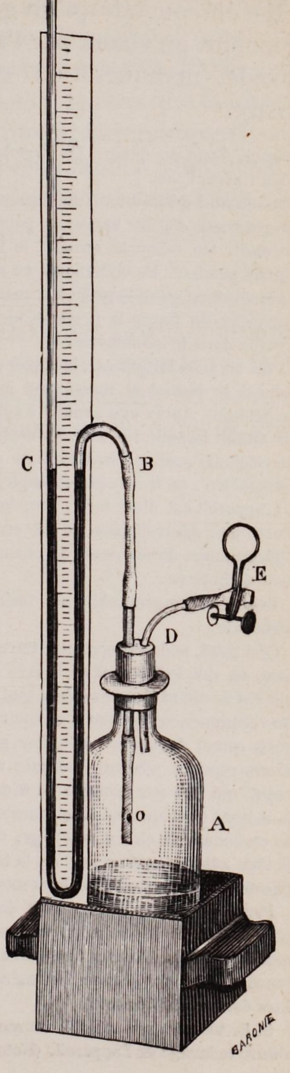


Fig. 6. — Appareil Couzi.

Il a été constaté qu'un grand nombre de terres dont la teneur en chaux par l'analyse courante est assez grande, manquent en réalité de carbonate de chaux.

celle-ci, d'eau de pluie. On bouche le flacon, et on agite de manière à bien aérer l'eau.

On ajoute 1 décigramme de carbonate de chaux précipité pur, puis 6 à 8 décigrammes d'acide tartrique pulvérisé enveloppé dans un papier peu résistant. On rebouche aussitôt le flacon, avec le bouchon D, qui reste attaché pendant les opérations au manomètre C par le caoutchouc B. On desserre et on serre la pince E pendant un court instant pour rétablir dans l'intérieur du flacon la pression atmosphérique, indiquée par l'égalité des niveaux dans le manomètre.

Puis on agite fortement : le papier contenant l'acide tartrique s'entr'ouvre, celui-ci se dissout et transforme le carbonate en tartrate soluble et acide carbonique, Après une minute d'agitation, l'action est terminée : Ce point est atteint lorsque les niveaux du liquide manométrique sont fixes et on lit sur l'échelle graduée la différence du niveau dans les deux branches du manomètre : on trouve par exemple, 28 centimètres.

L'appareil est alors taré : pour la même température et la même quantité d'eau, une dénivellation de 28 centimètres correspond à l'introduction de 1 décigramme de carbonate de chaux, que ce carbonate soit seul ou mélangé avec de la terre.

Donc chaque centimètre de variation indique un poids de 0 gr.00357 de carbonate.

Ceci posé, pour essayer une terre peu calcaire, et c'est là le cas intéressant, on vide le flacon et on le lave soigneusement, en ayant soin de le remplir entièrement pour expulser tout le gaz acide carbonique, puis on égoutte. On recommence l'opération en mettant, au lieu du carbonate de chaux, un poids connu de la terre à étudier, par exemple 50 grammes; on agite à plusieurs reprises pendant quelques minutes, puis on lit la différence du niveau, qui est par exemple de 8 centimètres. Si la température est restée la même, c'est que les 50 grammes de terre contenaient huit fois 0 gr.00357 de carbonate de chaux, soit 0 gr. 02856 ou par kilogramme 0 gr. 5712, — Si l'on avait à opérer sur de la terre très calcaire, on pourrait rajuster le flacon muni de sa boîte, par le caoutchouc B, à un manomètre fixe et plus long.

Précautions. — Eviter tout échauffement ou refroidissement de l'appareil : on doit donc n'employer que de l'eau se trouvant à la température ambiante, ne pas laisser la paroi extérieure du flacon mouillée, et éviter de toucher cette paroi avec les mains pendant l'opération. La petite caisse de bois évitera tout contact.

Si la température change, on recommencera pour cette nouvelle température le lavage de l'appareil. (Note communiquée par M. Couzi.)

A l'Ecole d'agriculture de Berthowal (Pas-de-Calais) nous avons eu nous-même, l'occasion d'analyser une terre renfermant une proportion de 26 p. 100 de carbonate de chaux total (soit trois fois plus que la quantité reconnue comme suffisante) et qui manquait manifestement de calcaire, car les plantes calcifuges y croissent en abondance. Ce carbonate de chaux s'y trouve en fragments petits très-visibles, mais ils ne sont pas assimilables.

Indépendamment de l'azote, de l'acide phosphorique, de la potasse et de la chaux, les autres éléments chimiques de la terre arable ont une importance trop minime pour que nous nous y arrêtions en ce moment. Nous en dirons quelques mots dans la dernière partie de cet ouvrage.

CHAPITRE IV

FERTILITÉ ET STÉRILITÉ DES TERRES

Les éléments de la fertilité du sol.

On s'imagine communément que lorsqu'une terre contient dans les proportions convenables les éléments constitutifs chimiques, elle est apte à produire abondamment ; cependant il est loin d'en être ainsi. Les qualités physiques du sol interviennent également dans cette appréciation, et cela est si vrai, que certaines terres, incomplètes au point de vue physique, ou excessives quant à l'un ou l'autre des éléments mécaniques (sable, argile, calcaire, humus) restent parfaitement improductives, même si elles sont saturées d'engrais azotés, phosphatés, potassiques ou calciques.

Stérilité des terres arables.

D'après les belles et minutieuses recherches de M. Pagnoul, on peut admettre, avec la plupart des agronomes, d'ailleurs, que la composition chimique normale d'une bonne terre, peut-être représentée par les chiffres suivants :

	Pour 100.	Par hectare.
Azote	0, 100	4 000 k.
Acide phosphorique	0, 100	4 000
Potasse	0, 250	10 000
Chaux	5, 000	200 000

Pour passer de la proportion pour 100 à celle d'un hectare, on suppose que la densité de la terre arable

est de 1.333 et que la couche végétale a une profondeur de 30 centimètres.

Aussi l'insuffisance de l'une ou l'autre de ces substances peut-elle rendre une terre stérile, ou tout au moins improductive.

Stérilité par insuffisance. — La stérilité d'une terre par insuffisance de l'un ou l'autre d'un des éléments chimiques se présente assez souvent. Ainsi, il peut arriver que la potasse fasse défaut, dans les terres siliceuses, par exemple, et même dans certains sols argileux. Le défaut d'acide phosphorique dans un sol est une cause fréquente de stérilité, il en est de même de l'insuffisance de chaux.

Néanmoins par l'apport d'engrais et d'amendements appropriés, il est relativement facile de rendre ces terres productives lorsque la stérilité ne reconnaît pas d'autres causes. Il en est tout autrement lorsque le sol pêche par excès de l'un ou l'autre des élements constitutifs physiques ou même chimiques.

Stérilité par excès d'un élément constitutif.— Les sols les plus fertiles, fait remarquer à ce sujet le Dr Vœlcker, ceux, par exemple, qui sont fournis par les alluvions, peuvent être considérés comme des mélanges mécaniques d'argile, de chaux, de sable, de matière organique, renfermant une notable quantité de potasse et de soude, mais dans lesquels aucun des éléments constituants ne prédomine. Chacun de ces éléments jouit de propriétés physiques et chimiques appropriées au développement des plantes, et leur mélange intime est une condition de fertilité. Si, au contraire, l'un d'eux domine au détriment des autres, ce sol devient improductif; c'est ce qui ressort de l'exa-

men des analyses de deux espèces de sols comparées avec un sol stérile par excès d'alcalis.

Le sol stérile provenant de Californie (*Voyez tableau*,) offre cette particularité qu'il est aussi riche en acide phosphorique que la moyenne des bonnes terres arables, qu'il renferme en abondance du carbonate de chaux, et en fait tous les éléments requis pour la culture, mais l'excès d'éléments solubles dont quelques-uns, à l'état dilué, feraient d'excellents fertilisants, le condanne à la stérilité. Ce sol tient en effet des matières minérales solubles en telle quantité qu'il a une réaction alcaline et abandonne à l'eau froide 1/2 p. 100 de carbonate de soude et de potasse, de chlorure de sodium et de nitrate de potasse.

	SOLS		
	argileux	tourbeux	de Californie
Matière organique et eau	7.94	49.07	3.19 (1)
Oxyde de fer / Albumine	10.95	10.88	9.02
Acide phosphorique	0.10	0.06	0.19
Acide sulfurique	0.30	1.04	traces
Carbonate de chaux	0.86	2.29	2.58
Magnésie	0 26	0 75	1.50
Potasse / Soude	0.39	0.90	0.81 / 0.58
Nitrate de potasse	»	»	0.17 (2)
Chlorure de sodium	»	»	0.04 (3)
Silice	»	»	»
Matière siliceuse insoluble	79.20	35.01	81.92

EUPHORIMÉTRIE. — La mesure exacte de la fertilité d'une terre a été tentée par un grand nombre d'agronomes, qui ont généralement fait fausse route.

(1) Renfermant 0.09 d'azote ou 0.11 d'ammoniaque.

(2) — 0.09 d'acide nitrique.

(3) — 0.02 de chlore.

C'est Thaër qui s'en occupa le premier, fondant ainsi l'*Euphorimétrie*, qui aujourd'hui n'a plus guère de raison d'être ; cette science fut étudiée ensuite par de Wülfen, Woght, Crüd, Varemberg et autres, mais sans plus de succès.

Pour apprécier la puissance nutritive d'une terre par rapport à la végétation, M. Dehérain ne se contente pas de déterminer sa richesse en éléments physiques et chimiques, il apprécie également la quantité totale de ces principes dans toute l'épaisseur de la couche végétale, faisant ainsi intervenir une autre caractéristique : l'épaisseur de la terre végétale qui se trouve à la disposition des racines. Cette couche comprend non seulement le sol actif atteint par les labours,

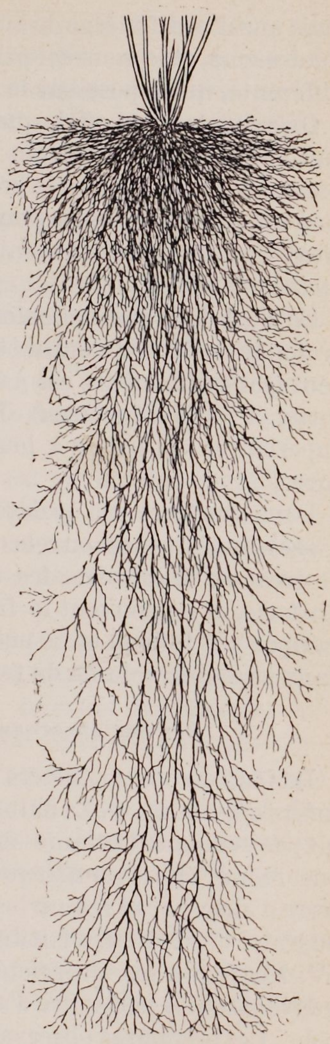


Fig. 7. — Racine de blé s'étendant à plus d'un mètre de profondeur.

mais aussi le sol vierge de même nature qui se trouve au-dessous, et le sous-sol perméable, de composition différente, qui repose sur la couche imperméable.

On a constaté, en effet, que les racines des plantes cultivées dans un terrain perméable s'enfoncent beaucoup plus qu'on ne le croit généralement, et dépassent souvent 1 mètre pour les céréales par exemples (fig. 7) qu'on est convenu d'appeler des plantes à racines traçantes.

Ce n'est donc pas seulement dans la couche arable profonde de 20 à 30 centimètres que les racines puisent leurs aliments, c'est à une profondeur bien plus forte, et toute l'épaisseur des couches perméables supérieures contribue à leur procurer leur nourriture.

Dans une terre peu épaisse au contraire, ou même à 30 centimètres, où on rencontre une assise d'argile, de grès ou de calcaire, les racines vont heurter cet obstacle, et ne pouvant le franchir, sont obligées de ramper sur le fond et ne puisent leurs aliments que dans un faible volume de terrre.

Pouvoir absorbant des terres

Influence des éléments physiques sur les éléments chimiques. — La nature physique d'un sol n'agit pas seulement comme support des plantes, elle a encore une influence marquée sur la faculté qu'a la terre d'absorber et retenir les éléments chimiques des engrais. C'est ce qui a fait dire à l'agronome allemand W. Knop que les propriétés absorbantes des sols peuvent seules permettre d'apprécier leur valeur agricole. Les premières observations précises sur le pouvoir absorbant des terres ont été publiées en 1850

par Way. Ce chimiste a constaté d'abord que la quantité d'ammoniaque absorbée par un même sol varie avec le degré de concentration de la dissolution. La base alcaline seule est absorbée par le sol, l'acide reste dans la dissolution, combiné à la chaux, et la décomposition du sel s'arrête dès que la terre cesse d'absorber, car la dissolution reste neutre après comme avant. M. Brustlein a montré que dans ce cas, il s'opère une double décomposition qui détermine la formation du carbonate d'ammoniaque, lequel est absorbé par l'humus. Si la terre manque de chaux la réaction ne peut pas s'accomplir, car l'humus ne peut absorber directement que l'ammoniaque libre ou son carbonate.

Le carbonate de potasse est retenu plus énergiquement dans la terre que le sulfate.

Le silicate de potasse est décomposé par l'acide carbonique de l'humus pour former du carbonate de potasse qui est absorbé.

Les phosphates dissous sont rétrogradés (1) par les bases de la terre et transformés en phosphates de fer et d'alumine dans les terrains argileux, et en phosphates neutres basiques de chaux dans les terrains calcaires. Une argile tenace a absorbé, en vingt quatre heures, la moitié ; en 8 jours, les 2/3 du phosphate soluble d'un engrais, dans les expériences faites par Vœlcker. Dans un sol marneux l'absorption a été plus rapide encore.

Or, il convient de remarquer que les substances qui servent de nourriture aux plantes sont précisément celles qui sont fixées par le sol. On le démontre

(1) Voyez Rétrogradation de l'acide phosphorique, à la 6e partie.

aisément en filtrant du purin à travers la terre arable; les sels de soude et de chaux passent, tandis que l'ammoniaque, la potasse et l'acide phosphorique sont fixés. Cependant, si le sol est dépourvu de chaux, le purin lui en abandonne au lieu de l'entraîner. L'analyse des eaux de draînage confirme ces résultats.

MULTIPLICITÉ DES CARACTÉRISTIQUES DE LA FERTILITÉ.— Comme on le voit, par tous les faits qui précèdent, la fertilité d'une terre n'est pas une notion absolue, elle ne peut donc être définie exactement au moyen d'une caractéristique unique, c'est plutôt la résultante d'un grand nombre de caratéristiques parmi lesquelles nous devons citer :

1° La constitution physique (nature et proportions relatives des éléments) ;

2° La composition chimique (azote, acide phosphorique, potasse, chaux) proportions et état de combinaison de ces éléments ;

3° L'épaisseur de la couche arable :

4° Le pouvoir absorbant du sol;

5° Le climat, surtout le régime des eaux ;

6° Enfin, la nature des cultures, car un sol très productif pour la vigne par exemple, sera stérile si on y cultive du froment ou des betteraves.

Epuisement de la terre par les récoltes.

Les diverses récoltes prennent au sol, en proportion variable suivant leur nature et leur abondance, des éléments minéraux qui sont le plus souvent exportés hors de la ferme.

Quoique ces substances empruntées au sol soient peu abondantes relativement à celles empruntées à l'air, ainsi que nous l'avons vu, elles ne doivent pas

moins fixer l'attention, car si 1000 gr. de grains de blé par exemple ne renferment que 5 gr. 5 de potasse par exemple, ce chiffre ne s'en trouve pas moins fortement multiplié lorsqu'on considère le prélèvement d'une récolte de 30 hectolitres de cette graine sur la surface d'un hectare.

Loi de la Restitution. La loi de la restitution énoncée par Liebig consiste à rendre à la terre cultivée qualitativement et quantitativement ce qu'elle a fourni aux récoltes.

Ce principe poursuit non-seulement l'obtention de fortes récoltes, mais encore le maintien de la fertilité.

Pour l'azote, la restitution peut n'être que partielle, mais pour l'acide phosphorique, la potasse et la chaux dont le sol fait tous les frais, elle doit être beaucoup plus complète. M. G. Ville estime que la restitution de l'azote doit être environ de la moitié de la quantité contenue dans les récoltes Cependant ce chiffre est encore élevé, surtout si les légumineuses interviennent dans l'assolement.

Pour exécuter les calculs que nécessite l'application de la loi de restitution, il faudrait connaître bien exactement la composition chimique des récoltes; et, comme celle-ci, ainsi que nous l'avons vu, varie énormément, il serait nécessaire, pour rester absolument rigoureux, d'analyser chaque année les récoltes obtenues sur un domaine.

Fort heureusement, une pareille précision n'est pas nécessaire, aussi la loi de la restitution, telle qu'elle a été posée par Liebig n'a pas l'importance pratique que lui avait d'abord attribuée son auteur.

Il est de toute évidence que si la terre pouvait être parfaite, et qu'il fut possible de lui restituer les élé-

ments des récoltes, dans l'état même où ils se trouvaient avant qu'elle les eût livrés, il y aurait grand intérêt à opérer la restitution avec une rigueur mathématique.

Mais tel n'est pas le cas dans la pratique. De plus, les restitutions ne peuvent être opérées que dans la couche superficielle du sol qui s'enrichit peu à peu et souvent à l'excès, des éléments qu'on lui rapporte par les engrais, tandis que les couches profondes tendent à s'en appauvrir, parce que les éléments chimiques de la fertilité ne descendent qu'avec peine dans la profondeur du sol. Donc la culture modifie forcément la constitution du sol, tant au point de vue physique qu'au point de vue chimique. Ces modifications ne pouvant être évitées, le seul but à poursuivre est de les diriger dans le sens le plus favorable.

Donc, dans la pratique de la fertilisation des terres il suffit pour se guider dans les applications, d'ailleurs limitées qu'on peut avoir à faire de la loi de restitution, de posséder les analyses *moyennes* de la composition des récoltes, telles qu'elles sont fournies par les tables du chimiste allemand Wolff.

Ces données étant fournies, on fera aussi intervenir la composition chimique du sol sur lequel on opère, et dans les cas les plus ordinaires, si un élément fondamental se trouve en abondance dans une terre il sera inutile de l'ajouter par l'apport d'engrais spéciaux ; c'est ainsi que l'apport d'engrais potassiques dans une terre renfermant 3 ou 4 p. 1000 de potasse, ne produira aucun résultat sur n'importe quelle culture. Ce qui revient à dire, qu'en général, la fumure ne doit être qu'un aide de la fertilité naturelle du sol.

DEUXIÈME PARTIE

Les Amendements

CHAPITRE I

LES AMENDEMENTS SILICEUX

Matières fertilisantes.

Les matières fertilisantes qu'on ajoute au sol ont toujours pour but d'augmenter sa productivité ; cependant toutes n'agissent pas de la même manière. Les unes, celles qui sont utiles aux plantes et qui manquent au sol, en totalité ou en partie, portent plus spécialement le nom *d'engrais*.

Les autres ne manquent pas toujours au sol, mais elles ont plus spécialement pour but de modifier ses propriétés physiques et mécaniques, ce sont les *amendements*.

Toutefois cette division, si nette en apparence, n'est pas aussi précise en réalité, car bon nombre d'engrais et parmi ceux-ci l'engrais par excellence, le fumier de ferme, agissent à la fois comme engrais et comme amendement. De même l'amendement type, la chaux, incorporée au sol, agit aussi comme engrais puisque la chaux constitue un des aliments les plus indispensables des récoltes.

Le nombre des amendements est limité, car les éléments physiques de la terre s'y trouvant en proportions très abondantes puisqu'ils constituent la grande masse

du sol, il est très-difficile d'apporter un correctif en suffisante quantité pour changer ou modifier complétement la nature minéralogique du sol.

Ecobuage

L'écobuage est une pratique très ancienne qui était déjà appliquée par les Grecs et les Romains. Il consiste à découper la couche superficielle du sol avec les herbes qui la recouvre, on obtient ainsi des tranches minces qu'on laisse sécher à l'air en mettant la surface engazonnée au-dessus ; puis on les réunit en formant des petits fourneaux dans lesquels on met du feu. Sous l'action de cette combustion, les matières organiques se transforment en matières minérales et de plus, l'argile se métamorphose en brique, dont les effets physiques et mécaniques sont en tous points comparables à ceux de la silice.

Effets de l'écobuage. — La transformation des matières organiques en substances minérales, ou cendres, plus facilement assimilables a une réelle importance dans les terres engazonnées, tourbeuses et marécageuses, sols dans lesquels, comme nous l'avons vu, la proportion de matière organique est généralement surabondante par rapport aux autres éléments physiques ; l'écobuage dans ce sens agit d'une manière double :

1° Il diminue la proportion des matières organiques ;

2° Il augmente la proportion des matières minérales, et notamment de la silice.

Ce dernier effet est surtout manifeste dans les terres glaiseuses et argileuses qui pêchent par un excès de tenacité. Sous l'action de cet amendement,

le sol devient friable, car la transformation de l'argile est complète, au point que même en l'humectant, elle ne peut recouvrer ses propriétés premières.

Les effets chimiques et mécaniques de l'écobuage sont donc manifestes ; mais ils ne sont pas les seuls. En effet, il s'y ajoute une action culturale proprement dite qui a son importance : c'est que le feu débarrasse la terre des herbes et des plantes nuisibles aux récoltes.

Cas ou l'écobuage peut être appliqué. — Lorsque l'opération qui nous occupe est appliquée avec discernement, elle rend des services évidents ; mais il est de la plus haute importance de ne pas l'appliquer inconsciemment. Ainsi sur les terres riches en sable siliceux, l'action du feu, surtout si elle est intense, transforme la silice en une sorte de verre, et cette vitrification en recouvrant la terre d'une croûte imperméable aux actions atmosphériques stérilise plus ou moins complétement le sol. Par cela même, est-il recommandé de ne pas produire une trop forte chaleur dans l'opération de l'écobuage, car ainsi que nous l'avons vu, tous les sols renferment l'élément siliceux en plus ou moins grande abondance.

Même lorsqu'il est appliqué à des terres franchement tourbeuses ou argileuses, l'écobuage demande encore certaines précautions, car il peut se produire des incendies souterrains susceptibles de se propager à de grandes distances, surtout pour la tourbe, qui est très-combustible.

Pratique de l'écobuage. — Les cas dans lesquels l'écobuage peut être appliqué sans danger étant déterminés, l'opération en elle-même comporte cinq parties assez distinctes :

1° Le découpage de la croûte engazonnée, qui s'effectue avec une sorte de houe recourbée, à large tranchant appelée *écobue* ou *étrèpe* (fig.8). Les plaques de gazon ont en moyenne 4 centimètres d'épaisseur sur 25 centimètres de largeur et 30 à 35 m. de long :

2° Le séchage des plaques, qui consiste à les retourner sur la terre et à les laisser ainsi pendant trois semaines ou un mois; l'écobuage étant généralement pratiqué en juillet, cette dessiccation dure rarement plus longtemps ;



Fig. 8. — Ecobue

3° La formation des fourneaux, qui consiste à dresser les plaques verticalement en mettant la partie engazonnée à l'intérieur ; on forme ainsi des fourneaux circulaires ayant 80 c. environ de diamètre sur un mètre de hauteur. On ménage une cheminée à la partie supérieure et plusieurs ouvertures à la base. Chacun de ces fourneaux est rempli de paille ou de broussailles combustibles ;

4° La mise en feu s'effectue lorsque les fourneaux sont disposés. Sans cesse, on doit surveiller la combustion et boucher avec des mottes de terre engazonnées, les ouvertures inférieures situées dans la direction du vent, de manière que l'incinération ne soit pas trop intense. Il faut aussi boucher les crevasses qui se produisent souvent sur les parois des fourneaux.

En un mot, l'écobueur doit agir de manière que la combustion de chaque foyer ait lieu à petit feu et dure plusieurs jours. Lorsque la combustion est bien conduite, il ne doit sortir que de la fumée par les cheminées; si on voit une flamme, c'est que le feu est trop vif;

5° L'épandage des cendres s'opère après l'incinération et une fois les fourneaux refroidis. A ce moment on réunit les cendres en tas coniques pour que le vent ne les disperse pas, et après leur refroidissement complet, on procède à leur épandage aussi uniforme que possible au moyen d'une pelle. Après quoi, on donne un labour pour bien incorporer les cendres à la couche végétale et on termine par un ou plusieurs hersages.

On laisse reposer ainsi la terre écobuée pendant quelques semaines et vers le mois de septembre on peut semer du seigle, qui réussit généralement très-bien sur les sols ainsi amendés.

Mais dans les années suivantes, il faut donner un surcroit d'engrais et surtout un chaulage, ou plutôt un marnage, si on ne veut voir décroître la fertilité du sol.

L'écobuage est surtout pratiqué dans le Dauphiné et l'Albigeois. On l'applique assez souvent aux défriches des landes.

Il y a surtout un point sur lequel nous ne saurions trop insister, c'est de ne pas pousser la combustion trop loin; en effet, il résulte des expériences du Dr Vœlcker que la température règle la solubilité des principes utiles formés par la calcination de l'argile; lorsqu'elle excède le point ou la matière organique est brûlée, la solubilité décroît comme le prouve la comparaison des résultats obtenus :

	Rapport entre la matière minérale soluble	Rapport entre la matière minérale insoluble
Argile naturelle	6.740	84.100
Argile légèrement brûlée	10.580	80.260
Argile brûlée plus fortement	8.955	81.845
Argile trop brûlée	5.391	85.309

Enfin, pour terminer, nous ferons remarquer que par suite de la réaction de la chaux sur les silicates de potasse et de soude, qui augmente la proportion des alcalis solubles dans l'argile brûlée, il importe que les argiles soumises au feu contiennent de la chaux, ou qu'elles soient chaulées après avoir été brulées.

Autres amendements non-calcaires

LIMONAGES. — L'amendement des terres argileuses au moyen d'autres éléments que l'argile calciné ou écobuage est loin de présenter la simplicité de cette dernière pratique. On a bien songé à y transporter du sable, mais c'est là une matière encombrante, qui exige de nombreux transports et des travaux multiples qui, finalement, occasionnent des frais énormes. C'est ainsi qu'il faudrait 50 mètres cubes de sable par an, et cela pendant dix ans, pour amender un hectare d'argile prise sur une profondeur de 15 centimètres, en lui fournissant ainsi seulement un tiers de son volume de sable siliceux ; on obtiendrait un mélange de 3/4 d'argile et 1/4 de sable.

Sur les terres situées à proximité d'un cours d'eau, on a assez souvent recours à un autre amendement qui,

tout en apportant du sable siliceux au sol, l'améliore encore de bien d'autres manières, c'est le limonage ou colmatage qui consiste à apporter sur les terres les limons charriés par les fleuves et les rivières, et qu'on y dépose par des débordements provoqués.

Suivant la nature du limon charrié par le cours d'eau on fera ainsi un amendement siliceux ou argileux, car la composition de ces matières limoneuses est essentiellement variable comme le montrent les chiffres suivants empruntés au remarquable travail de M. Hervé Mangon (1), qui s'est tout spécialement occupé de ce sujet :

	DURANCE.	VIENNE	LOIRE	VAR	MARNE	SEINE
Résidu argilo-siliceux....	49.69	60.01	67.76	42.74	35.34	23.82
Albumine et péroxyde de fer	4.97	14.51	10.57	6.08	8.85	10.03
Carbonate de chaux......	41.89	2.61	3.13	38.34	25.85	22.75
Eau combinée et produits non dosés............	5.94	17.47	14 26	12.46	29.34	44.07
Azote..................	0.09	0.52	0.39	0.19	0.64	0.60
Carbone	0.54	4.87	3.89	»	»	»

Si l'on compare ces résultats entre eux, on constate l'influence manifeste de la composition géologique des contrées traversées par les cours d'eau sur la composition des limons.

Les limonages sont connus depuis longtemps en

(1) Hervé Mangon : *Expériences sur l'emploi des eaux dans les irrigations 1869.*

France sous le nom d'*acoulins ;* aussi est-ce bien à tort que quelques auteurs ont considéré ce mode de fertilisation comme d'origine italienne.

Cette opération a transformé dans un grand nombre de circonstances des terres incultes en terres productives et en a augmenté considérablement la valeur.

Pour établir un chantier de limonage ou de colmatage, on entoure d'abord la terre d'un fossé qui l'isole des terres riveraines; les déblais de ce fossé servent à établir une chaussée de ceinture d'une hauteur de 70 centimètres environ. On divise ensuite la terre en zones de plus en plus petites, à mesure qu'on s'é-

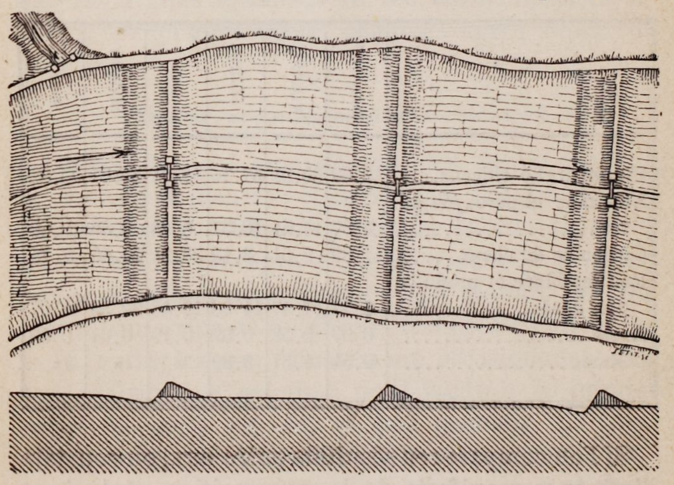


Fig. 9. — Limonage par submersion.

loigne du canal qui doit fournir les eaux; on ferme ces zones par de petites chaussées, dont la hauteur diminue à mesure qu'on se rapproche de l'extrémité. Les eaux étant introduites, dans le premier compar-

timent, se déversent dans le deuxième par-dessus la chaussée, lorsque le premier est rempli, et elles se rendent ainsi successivement dans toutes les zones où elles déposent les matières terreuses qu'elles tenaient en suspension. De la dernière zone, les eaux sont reçues dans un fossé d'écoulement où elles doivent arriver à l'état de clarté. Lorsque le premier compartiment est suffisamment colmaté, les eaux du canal sont introduites directement dans le second, qui prend la tête du colmatage, et ainsi de suite jusqu'à l'achèvement de l'opération. Les dépôts les plus grossiers se font dans les premiers compartiments, et les plus ténus dans les derniers; chacun des compartiments reçoit ainsi successivement des dépôts de chaque genre et les labours mélangent ensuite les diverses natures de terre. Pendant l'opération, on doit veiller à ce que la couche d'eau ait toujours une épaisseur de 50 centimètres; sans cette précaution, le colmatage pourrait devenir un foyer d'infection; l'eau à peu près stagnante s'échauffant sous l'action du soleil, les végétaux qui y poussent se décomposeraient rapidement(1).

La figure 9 donne une idée du limonage effectué de cette façon. Les levées et les fossés très-évasés dont le déblai a été utilisé, y sont, comme le fait remarquer M. A. Ronna (2) indiqués en plan et en coupe. Leur écartement dépend de leur élévation et de la pente du terrain. Il importe que la nappe d'eau contenue entre deux levées ait au maximum, c'est-à-dire à l'aval, la hauteur d'une levée, et au mini-

(1) On confond quelquefois les termes limonage et colmatage, toutefois le second s'applique plus généralement lorsqu'on a en même temps en vue l'exhaussement notable du sol arable.

(2) A Ronna. *Les Irrigations*, tome II, Paris. Firmin Didot 1889.

mum, à l'amont, la moitié de cette hauteur. Chaque levée étant pourvue à l'endroit le plus bas du terrain qu'elle traverse d'une large buse à clapet, on ouvre pour donner l'eau trouble toutes les buses, à l'exception de la dernière en aval, et lorsque le terrain est couvert jusqu'au couronnement de la dernière levée, on ferme la buse d'admission. Quand l'eau s'est à peu près éclaircie, on ouvre de nouveau les buses successivement, en commençant par celle d'aval.

Mais il est un autre système de limonage que les cultivateurs riverains des cours d'eau peuvent entreprendre, et qui, contrairement au précédent peut être appliqué isolément. Il consiste, comme le fait remarquer M. H. Sagnier (1), non seulement à utiliser les submersions naturelles pour les terres que les crues recouvrent spontanément, mais aussi à créer des dérivations artificielles pour faire bénéficier de ces crues les terrains qui sont en dehors de leur périmètre. La seule condition à remplir est que les eaux puissent s'en retirer d'elles-mêmes complétement et avant la reprise de la végétation, car leur séjour prolongé à cette époque pourrait compromettre la récolte.

Jachère. — Un autre mode de fertilisation qui peut être à juste titre placé parmi les amendements est la *jachère*. Ce terme désigne l'état d'une terre à laquelle on ne demande aucune récolte dans le cours de l'année et qu'on soumet pendant ce temps aux façons culturables qui ont pour effet *de l'ameublir et de la nettoyer*.

Basée sur ce fait d'observation, qu'une terre laissée sans récolte et soumise à des façons aratoires plus ou moins fréquentes, devient plus productive, la ja-

(1) Barral et Sagnier, *Dictionnaire d'agriculture*, tome II, Paris, 1889.

chère a de nombreux partisans surtout dans les localités peu riches où on ne dispose pas d'engrais en abondance.

La jachère doit en grande partie ses effets à la nitrification des matières organiques azotées qu'elle active dans de fortes proportions, et l'on s'explique ainsi comment elle se montre surtout efficace sur les sols riches en humus.

Comme procédé d'ameublissement et de nettoiement (par rapport aux mauvaises herbes) la jachère a une valeur non moins évidente. Rien ne saurait la remplacer dans ce sens, nulle opération ne pourrait ameublir convenablement ces sols argileux en l'absence de défoncements effectués à l'automne et sur lesquels les gelées de l'hiver auront exercé leur action désagrégeante. Les considérations qui précèdent permettent de résumer ainsi les avantages et aussi les inconvénients de la jachère :

1° Elle provoque la formation dans le sol, de composés utilisables pour les plantes et elle amène ainsi l'augmentation des récoltes ;

2° Elle assure l'ameublissement de la couche arable ;

3° Elle permet la destruction des plantes adventices qui résistent aux binages et aux sarclages ;

4° Elle rend facile le transport en temps voulu, des engrais et autres substances fertilisantes.

Ce sont surtout les terres argileuses qui se trouvent bien de la jachère, il n'est pas rare de voir ces terres produire autant et plus après une jachère qu'après une récolte sarclée ayant reçu 25,000 kilog, de fumier de ferme.

Amendements mécaniques. — Enfin, on désigne

quelquefois sous le nom d'amendements mécaniques des pratiques telles que le *labourage*, le *drainage*, l'*irrigation*, qui agissent d'une façon manifeste sur les propriétés physiques et surtout mécaniques de la terre arable, et contribuent ainsi lorsqu'elles sont appliquées en temps opportun à accroître la fertilité du sol.

Le *labourage* a pour but, non-seulement de rendre la terre plus meuble, plus perméable, mais encore de l'aérer, ce qui favorise la nitrification.

Le *drainage* a pour objet d'enlever les eaux surabondantes, dans un sol trop humide.

Le véritable drainage s'effectue avec des tuyaux en poterie. Ceux-ci sont faits en argile au moyen d'une machine qui permet d'en fabriquer un grand nombre à la fois. La terre pétrie et débarrassée de toute matière étrangère est placée dans une trémie où elle est comprimée sur des manchons, elle en sort en forme de tuyaux qui sont entraînés sur une toile sans fin, on les coupe de longueur égale au moyen de fils de laiton monté sur une tige en bois. Ces tuyaux sont ensuite séchés et cuits. Ceux des petits drains (fig. 10 et 12) ont 0 m. 33 de longueur et 0 m. 45 de diamètre

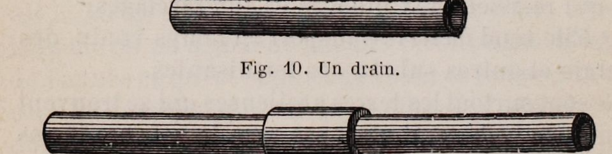
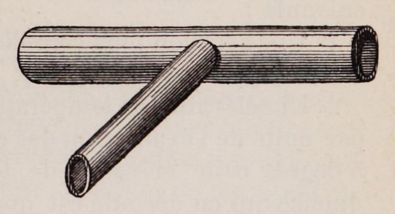


Fig. 10. Un drain.

Fig. 11. Deux drains réunis par un collier.

intérieur ; les grands collecteurs ont 0 m. 05 à 0 m. 06 de diamètre intérieur. On relie le plus souvent

ces tuyaux par des manchons d'un diamètre un peu plus grand soit pleins, soit percés de petits trous (fig. 11). La plus grande difficulté du drainage est d'établir un bon plan. Si le terrain ne présente qu'une pente, la chose est assez facile; mais elle devient plus compliquée s'il s'agit d'un sol un peu mouvementé, ce qui oblige à placer des drains dans plusieurs directions. On a bien étudié le sol ; car sa porosité règle l'écartement qu'il faut donner aux drains ; cet écartement varie de 8 à 15 mètres ; sa profondeur indique celle des tranchées qui varie de 1 mètre à 1 mètre 50 ; les maîtres drains ou collecteurs étant toujours placés plus profondément que les petits tuyaux, l'ouverture des tranchées varie de 0 m. 50 à 0 m. 75 d'ouverture en haut, dans le fond elle ne dépasse guère 0 m. 05 à 0. 15 (fig. 13). La meilleure pente à donner aux tuyaux est de 0 m. 0,003 par mètre.


Fig. 12. Drain principal et drain secondaire.

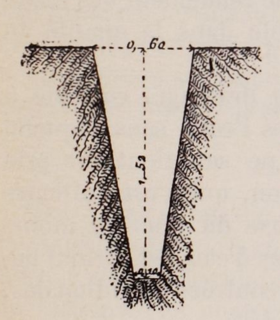


Fig. 13. Tranchée pour la pose des drains.

Lorsqu'on a arrêté le plan du drainage, on le reporte sur le terrain ; le meilleur système est d'employer des fiches avec des ficelles auxquelles on donne la direction et l'inclinaison voulue. Tous les drains doivent être placés d'après des lignes droites ; la longueur d'une ligne ne doit pas dé-

passer 300 mètres. Il faut avoir soin de les écarter des arbres et des haies vives. Une bonne précaution consiste à entourer tout le champ d'un canal évacuateur qui recueille les eaux échappées au drainage.

Les principaux avantages du drainage sont les suivants :

1° Une aération plus complète du sol, qui favorise la décomposition des engrais ;

2° Une élévation de température ; le sol est réchauffé par suite de l'évacuation des eaux ; on évalue à 4 ou 5 degrés cette élévation de température, la conséquence qui en découle est que les récoltes peuvent mûrir dix ou quinze jours plus tôt ;

3° Une plus grande facilité pour l'exécution des travaux de culture, car les terres drainées sont plus légères et plus faciles à travailler ;

4° Une augmentation dans le rendement des récoltes et une amélioration notable dans la qualité de celles-ci.

L'*irrigation*, à l'inverse du drainage, consiste à fournir aux terres trop sèches l'eau, sans laquelle les sels solubles des engrais ne sauraient être pris par les racines. Cette opération, qui n'est d'ailleurs pas toujours praticable à cause du plus ou moins grand éloignement des couches d'eau, est surtout appliquée aux prairies dans les contrées méridionales.

CHAPITRE II

CHAULAGES ET MARNAGES

Les chaulages et les marnages constituent les amendements les plus habituellement employés, en ce que les terres qui manquent de l'élément calcaire sont relativement très nombreuses, qu'elles soient de nature siliceuse ou argileuse. L'action de ces matières fertilisantes est manifestement double : elles agissent comme substances amendantes et comme substances nutritives pour les plantes, puisque toutes renferment l'élément calcique en plus ou moins grande abondance, aussi les appelle-t-on assez souvent engrais calcaires. Ces matières fertilisantes appliquées avec discernement, ont pour *principal* effet d'assurer la réussite des céréales et surtout des légumineuses fourragères, dans les terres qui avant ne pouvaient les produire.

Chaulages.

Qualité de la chaux. — On obtient la chaux en soumettant à l'action de la chaleur, dans des fours, appelés fours à chaux, des pierres dites calcaires, c'est-à-dire du carbonate de chaux ; l'acide carbonique se dégage et il reste de la chaux vive, qui se trouve du même coup débarrassée de l'eau dont la pierre calcaire était plus ou moins chargée avant la cuisson.

La composition des calcaires étant très-variable, par suite de la multiplicité et de la variété des matières étrangères qu'ils renferment, on comprend que

les diverses espèces de chaux auxquels ils donnent naissance doivent avoir des qualités fort diverses.

Au point de vue agricole on distingue le plus généralement quatre espèces de chaux; dont nous allons dire un mot :

1° La *chaux grasse*, ou chaux pure, provenant de la calcination de calcaires ne renfermant que peu ou pas d'impuretés. Elle est blanche, se délite facilement dans l'eau et foisonne beaucoup par l'extinction ;

2° La *chaux maigre*, ou chaux siliceuse, est de couleur grise ou brunâtre, elle se délite moins facilement que la précédente et augmente peu de volume par l'extinction. D'une manière générale, son emploi agricole, exige des quantités plus considérables ;

3° La *chaux hydraulique*, ou chaux argileuse, est plus ou moins jaune, suivant la quantité d'argile qu'elle renferme; elle se délite difficilement et augmente peu de volume par l'extinction ;

4° Enfin, la *chaux magnésifère*, qui est grise ou brunâtre, elle est très active ; aussi doit-on l'employer avec ménagement. Elle est toutefois moins répandue que les trois variétés précédentes (1).

On peut facilement reconnaître ces diverses variétés de chaux, en les traitant dans une capsule, par quelques gouttes d'acide chlorhydrique. On obtient alors :

Avec la chaux hydraulique : un résidu argileux.
Avec la chaux maigre : un résidu siliceux.
Avec la chaux grasse : pas de résidu.
Avec la chaux magnésifère : pas de résidu, mais un précipité blanc ammoniaco-magnésien, si on ajoute un peu d'ammoniaque.

(1) Elle provient de la calcination des calcaires renfermant de la magnésie qu'on connait sous le nom de *dolomies*

Pratique du chaulage des terres. — On applique la chaux de deux manières :

1° En déposant cette substance sur la terre bien préparée, en petits tas, dont le volume varie suivant la quantité qu'on veut appliquer par hectare. Ces tas sont à sept mètres environ les uns des autres.

Au bout de quelque temps, lorsque la chaux, ayant absorbé une certaine quantité d'humidité, commence à fuser et à augmenter de volume, on bouche toutes les fissures qui apparaissent dans la terre dont on a recouvert les tas de chaux, évitant ainsi que la pluie ne la transforme en bouillie. Lorsque la chaux est entièrement délayée, on la mélange avec la terre qui la recouvre et on forme de nouveaux tas.

Dix ou quinze jours après, on brasse de nouveau la chaux et la terre, puis on répand ce mélange avec la pelle. Un labour léger donné quelques jours après, suffira pour l'incorporer au sol.

2° Le second procédé, indiqué par M. Heuzé, consiste à diviser la terre que la charrue pousse sur les *chaintres ou forières* pendant les tournées du labour et à la disposer sous forme de prisme triangulaire appelé *tombe* et présentant une rigole dans toute sa longueur. C'est dans cette tranchée qu'on met la chaux à fuser. On la couvre de 15 à 20 centimètres de terre, en donnant au prisme une forme bombée, pour que les eaux pluviales pénètrent difficilement jusqu'à la chaux. Dix jours après environ, on mêle la chaux à la terre et on réforme le prisme. On renouvelle cette opération une seconde fois quand la chaux est bien éteinte et en poussière.

Toutes ces opérations doivent être faites par une belle journée.

Dans cette méthode, la chaux est mêlée à 5, 10, 20

fois son volume de terre, suivant les circonstances. Quand le moment de répandre la chaux est arrivé, on cube la *tombe* et on détermine le rapport de la chaux à la terre en se rappelant que la chaux grasse double de volume par l'extinction.

Quantité de chaux a employer. — La quantité de chaux à répandre par hectare, est très variable, suivant la nature du sol et la fréquence des chaulages. D'une manière générale, il vaut mieux chauler à faible dose et renouveler l'opération plus souvent dans les terres légères et riches, tandis que dans les sols argileux et compacts on a avantage à opérer à haute dose mais moins souvent.

En Angleterre, on emploie de 160 à 450 et même 500 hectolitres de chaux par hectare, pour une durée de dix ou vingt ans; en Allemagne 15 à 20 hectolitres tous les quatre ans. En France, on emploie le plus souvent de 40 à 60 hectolitres de chaux tous les six ou huit ans. On descend même quelquefois jusqu'à 20 hectolitres par hectare, pour une durée de quatre ou cinq ans. Dans la Sarthe, on chaule généralement à raison de 8 à 10 hectolitres tous les trois ans.

En moyenne, on peut admettre en France, la dose de 5 à 6 hectolitres par hectare et par an.

L'hectolitre de chaux pèse de 80 à 85 kilogrammes.

On chaule les terres libres en toute saison, mais le moment le plus convenable est l'automne ou le commencement de l'hiver.

Effets de la chaux. L'action de la chaux comme matière fertilisante est multiple; elle agit par elle-même sur la végétation et de plus, elle agit sur les éléments physiques et chimiques de la terre arable.

Rencontrant dans le sol des matières organiques;

la chaux, comme l'a montré Davy, les désorganise et les rend assimilables.

Sous l'influence d'une humidité convenable, elle fait passer à l'état d'ammoniaque l'azote contenu dans les matières organiques et qui, sans elle, eussent pu résister, pendant très-longtemps, à la décomposition spontanée.

On comprendra sans peine que, puisque la chaux désorganise avec une si grande facilité les matières organiques, elle produise de si remarquables effets sur les terres nouvellement défrichées où se trouvent une grande quantité de feuilles, de racines et d'autres débris. A cause de cette même action, il faudra éviter l'emploi de la chaux, surtout à haute dose, au moment des semailles, parce qu'elle pourrait désorganiser les radicelles des jeunes plantes.

Si la chaux possède un pouvoir désorganisateur si considérable, il est évident qu'une dose trop forte aurait pour effet d'agir à la fois sur une très grande- masse de matière, il en pourrait résulter une quantité de principes organiques solubles trop considérable qui ne saurait être utilisés par la récolte. Comme ces principes solubles résistent ensuite beaucoup moins à la décomposition en produit gazeux, il en résulte que l'on aura ainsi emprunté au sol une somme de richesses supérieure à celle qui était réellement utile, et qu'il se trouvera d'autant plus appauvri aux dépens des récoltes qui suivront. C'est pour avoir méconnu ce fait, que bien des agriculteurs, croyant que le chaulage pouvait dispenser des fumures, ont manifestement appauvri leurs terres. C'est tout le contraire qu'il faut faire, c'est-à-dire, qu'il convient d'augmenter la dose des fumures après les chaulages.

Lorsqu'elle est introduite dans le sol, la chaux sous l'action de l'acide carbonique se transforme en carbonate. Ainsi, les chaux employées en agriculture renferment en moyenne 97 p. 100 de chaux pure, ces 97 kgr. se transforment en 173 kgr. de carbonate pulvérulent.

Or, à l'état de carbonate, la chaux remplit dans le sol quatre fonctions principales :

1° Elle est dissoute dans l'eau à la faveur de l'acide carbonique, et peut ainsi pénétrer dans les plantes à l'état de bicarbonate et contribuer à leur nutrition ;

2° Elle neutralise l'acidité des terres et permet ainsi à ces dernières de faire croître des plantes plus délicates ;

3° En présence des matières organiques azotées, elle facilite la production des nitrates, dont l'efficacité sur la végétation est bien évidente ;

4° Au moment où on l'incorpore au sol, et avant d'être carbonatée, la chaux par sa causticité agit sur les larves, les insectes et les mauvaises graines renfermées dans le sol.

C'est par les chaulages qu'on est parvenu à tranformer en grande partie les sols ingrats de la Bretagne, des Landes, de la Sologne et du Morvan.

Marnages.

On donne le nom de marnes, à des calcaires renfermant une certaine proportion d'argile, et qui possèdent la propriété de se déliter à l'air. De plus, on trouve dans les marnes une certaine proportion de sable siliceux d'oxyde de fer, de magnésie et même de sulfate de chaux.

La marne est onctueuse au toucher ; elle happe à

la langue lorsqu'elle est sèche, et fait effervescence sous l'action des acides.

VARIÉTÉS DE MARNES. —La partie réellement utile de la marne est le calcaire ou carbonate de chaux qu'elle renferme, toutefois, suivant que les autres éléments constitutifs sont plus ou moins abondants, on distingue plusieurs variétés de marnes, dont les principales sont : les marnes calcaires, les marnes argileuses et les marnes siliceuses. Il va sans dire, que lorsque le fait sera possible, on appliquera les marnes argileuses sur les terres légères et les marnes siliceuses sur les terres fortes et argileuses, on opérera ainsi un amendement double.

Nous donnons ci-dessous, d'après M. Pouriau, ancien professeur à l'Ecole d'agriculture de Grignon, un tableau des propriétés et des caractères des diverses variétés de marnes, qui nous dispensera d'entrer dans de plus longs détails.

VARIÉTÉS	COMPOSITION	CARACTÈRES PHYSIQUES ET CHIMIQUES
Marnes calcaires	50 0/0 de carbonate de chaux au minimum.	Blanches, vive effervescence avec les acides, adhérent légèrement à la langue. Avec l'eau, pâte courte qui tombe en poussière en se désséchant.
Marnes argileuses	50 0/0 d'argile au minimum.	Effervescence moins vive, happent à la longue. Avec l'eau, pâte liante et dure après dessiccation.
Marnes siliceuses	30 à 70 0/0 de sable.	Friables, donnent avec l'eau, une pâte dépourvue de liant et s'écrasant sous la plus faible pression après dessiccation.

VARIÉTÉS	COMPOSITION	CARACTÈRES PHYSIQUES ET CHIMIQUES
Marnes magnésiennes	Eléments habituels, associés à une proportion notable de carbonate de magnésie	Marnes assez rares, jouissant sensiblement des mêmes propriétés que les marnes calcaires.
Marnes gypseuses.	Renfermant une proportion notable de sulfate de chaux.	Marnes rares, sauf dans le terrain parisien. — Avec le chlorure de baryum, elles donnent un précipité blanc.
Marnes phosphatées	Contiennent au maximum 1 à 2 0/0 de phosphate de chaux tribarique.	Très-rares ; la dissolution acide de ces marnes, traitée par un excès d'ammoniaque, donne un précipité blanc, gélatineux de phosphate de chaux.
Marnes humiférés	Renfermant une proportion notable de matières organiques en voie de décomposition.	Marnes assez rares, ne se rencontrant que dans les terrains les plus modernes.

Ce qu'il importe avant tout de connaître pour caractériser une marne, c'est sa richesse en carbonate de chaux. Voici un moyen très-simple pour y parvenir :

On met dans un verre, 10 grammes de marne exactement pesée : on y ajoute 10 à 15 gr. d'eau distillée, puis on verse doucement de l'eau chlorhydrique. Cette substance produit une effervescence plus ou moins vive, l'acide carbonique est chassé, et la chaux qui reste se combinant avec le chlore, forme un chlorure de calcium qui reste en dissolution dans le liquide. L'ef-

fervescence une fois terminée, on fait passer le liquide à travers un filtre de papier placé dans un entonnoir en verre (fig. 14). Le dépôt solide qui reste sur le filtre contient toute la substance de la marne moins le calcaire, dont le poids sera déterminé en pesant ce dépôt. Le poids obtenu retranché de 10 grammes donnera la proportion de calcaire.

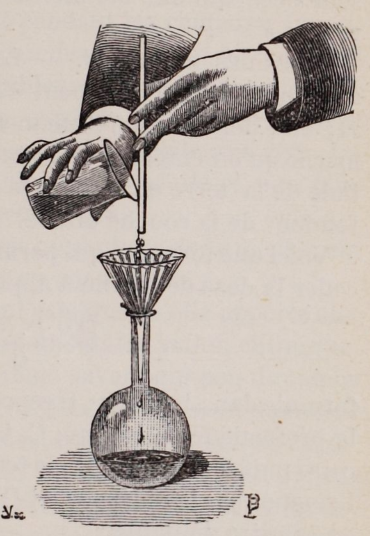


Fig. 14. — Essai d'une marne.

Pratique du marnage. — On commence par transporter la marne sur le champ qui doit la recevoir et on la dispose en petits tas ou *marnons*, espacés de 5 à 6 mètres les uns des autres en tous sens.

Ce transport étant fait à l'automne, la marne reste en tas pendant une partie de l'hiver, là, sous l'action des gelées, elle se délite et tombe en poussière. Puis en février ou mars, on la répand à la pelle, aussi uniformément que possible et on l'enfouit par un labour.

L'avoine et l'orge réussissent généralement très bien après les marnages; mais les cultures qui en profitent le plus sont le trèfle, la luzerne, le sainfoin, et en général toutes les légumineuses. Enfin il est bien peu de récoltes qui ne se trouvent bien de cet amendement, c'est pourquoi Bernard Palissy a dit

en parlant de cette substance : « La marne est un fumier naturel et divin, ennemi de toutes les plantes qui viennent d'elles-mêmes, et génératrice de toutes les semences qui ont été mises en terre par les laboureurs. »

DOSES DES MARNAGES. — La quantité de marne à appliquer par hectare, peut être déterminée *a priori*; elle dépend non-seulement de la qualité de la marne qu'on emploie, mais encore de la richesse initiale de la terre en carbonate de chaux et de la profondeur de la couche arable.

Voici une formule, qui permettra facilement de calculer la dose de marne à appliquer :

$$x = \frac{1000 . P . (C' - C)}{Q}$$

formule dans laquelle : P représente, en centimètres, la profondeur du labour ; C, la teneur du sol en calcaire pulvérulent (1) ; C', la teneur à laquelle on veut l'amener par le marnage, et Q, la teneur de la marne en calcaire délitable.

On arrive ainsi à répandre 200 mètres cubes de marne par hectare dans une terre ayant 10 cm. d'épaisseur, si la marne contient 10 p. 100 de carbonate de chaux ; si elle en renfermait 60 p. 100, 34 mètres cubes suffiraient.

EFFETS DE LA MARNE. — En thèse générale, les effets du marnage ont beaucoup d'analogie avec ceux du chaulage ; cependant l'effet chimique de la marne, en tant qu'il vise l'apport du calcaire, est moins énergique que celui de la chaux, tandis qu'au contraire son action mécanique est bien plus accentuée, à la con-

(1) Dosé par la méthode de M. de Montdésir, décrite page 46.

dition toutefois qu'on fasse usage d'une marne appropriée. Par ce terme, nous entendons, cela va sans dîre, l'emploi d'une marne calcaire ou siliceuse, sur une terre manifestement argileuse par exemple ; elle s'opposera au fendillement pendant les chaleurs, favorisera la séparation de l'eau des particules terreuses, et de ce fait assainira véritablement la terre. Au contraire dans une terre siliceuse, par cela même trop sèche et trop légère, l'apport des marnes argileuses sera indispensable pour obtenir de la tenacité et une plus grande aptitude à absorber l'eau.

Cette action, purement mécanique de la marne, est proportionnelle à la masse incorporée.

En outre de l'élément calcique qu'elle apporte aux sols, la marne a encore une autre action chimique. En effet, tous les praticiens savent que peu de temps après les marnages, la végétation s'accroît dans des proportions remarquables, mais après, elle se ralentit, et le sol donne toutes les remarques d'un appauvrissement successif. Cette remarque a été faite depuis fort longtemps, car autrefois on disait que « la marne enrichit les pères et ruine les enfants. » Ceci peut s'expliquer : la marne, et en cela elle agit comme la chaux, indépendamment qu'elle neutralise les acides du sol, désorganise les matières organiques qu'elle solubilise ; elle favorise la nitrification de l'azote organique des terres, et rend immédiatement assimilable, ce qu'on est convenu d'appeler le stock de réserve de fertilité ; elle abrège donc par cela même l'action des engrais, et on comprend qu'après son emploi, la dose des fumures doive être augmentée si l'on veut conserver au sol sa fertilité.

Or, la marne, en rendant les engrais assimilables,

en complétant le sol au point de vue des éléments chimiques de la fertilité et en l'améliorant au point de vue physique, a pour effet immédiat d'augmenter les rendements. Il faut donc satisfaire à la loi de la restitution et augmenter les fumures. C'est ce qu'on sait parfaitement en Angleterre et dans une grande partie de la Normandie où les marnages sont fréquents. Et ceci est surtout vrai dans les terres légères où les engrais rendus assimilables de suite par l'action de la marne, sont plus exposés que dans d'autres sols à des déperditions par infiltration.

Enfin, à ces effets de la marne, il faut en ajouter un autre que M. de Gasparin a le premier mis en lumière : La marne exposée depuis quelque temps au contact de l'air, cède à l'eau un sel soluble de chaux, du bicarbonate et assez souvent même des traces d'azotate de chaux. Lessivée et abandonnée à l'air, pendant plusieurs mois, dans un état moyen d'humidité, elle fournit une nouvelle dose de bicarbonate de chaux. M. Gasparin en conclut qu'il se forme constamment dans les terres marnées, des sels solubles à base de chaux servant directement aux plantes.

Cette dissolution de l'élément calcaire de la marne aurait lieu, surtout, par l'action qu'exerce l'eau chargée d'acide carbonique, dont la terre est toujours imprégnée. En outre, d'après M. Bidard, qui a publié un intéressant mémoire sur la marne, celle-ci introduirait encore dans le sol du silicate de chaux formé par la réaction de l'acide silicique sur le calcaire, sel non moins utile que les précédents, puisque c'est lui qui communique de la consistance aux plantes, aux fibres ligneuses et aux chaumes des céréales, dont il constitue principalement les nœuds.

Faluns et falunages.

Les faluns sont des dépôts marins, des sables coquillers, plus fertilisants encore que la marne, en raison des principes azotés et phosphatés qu'ils renferment. On trouve ces faluns dans diverses couches géologiques, notamment dans le terrain tertiaire.

D'après MM. Isidore Pierre et Bobierre, les faluns d'Indre-et-Loire renferment de 68 à 75 p. 100 de calcaire, 25 de sable, des sels solubles ou phosphate de chaux, des matières organiques ; on les répand à la dose de 10 à 16 mètres cubes par hectare et ils agissent alors comme engrais et comme amendement calcaire-siliceux. On en trouve dans l'Indre-et-Loire, le Maine-et-Loire, les Landes et dans Seine-et-Oise notamment à Grignon où ils reposent sur une couche crayeuse.

Les alluvions qui forment les terres des polders des grèves du Mont Saint-Michel (fig. 15) sont ce qu'on appelle la tangue.

Il y en a deux espèces : la tangue vive et la tangue grasse. Ces tangues sont formées de moitié sable siliceux provenant de roches granitiques schisteuses et de moitié carbonate de chaux et phosphate de chaux, provenant ce dernier des atolls et l'autre de débris de coquillages marins. A basse mer les dépôts émergent, se tassent et se consolident ; peu à peu leur surface se revêt de salicornes herbacées, c'est le pré-salé où vont paître les milliers de moutons des côtes bretonnes qui fournissent ces excellents petits gigots de pré salé.

Des millions de mètres cubes de tangue sont journellement déposés dans les baies du Mont Saint-Mi-



Fig. 15. — Les polders des grèves du Mont Saint-Michel.

chel, de Lessay de Régneville, etc. Pour avoir ces engrais on les extrait par une opération appelée *havelage* s'ils sont peu profonds, et par le *dragage* s'ils sont recouverts d'eau. On appele *tanguière* le lieu qui fournit la tangue.

Avant d'employer ces substances on les laisse exposées au contact de l'air pendant quatre ou cinq mois, puis on les applique sur les terres à raison de 12.000 à 25.000 kilogrammes par hectare.

CHAPITRE III

LE PLATRE ET LES PLATRAGES

Plâtre cuit et plâtre cru.

Le plâtre ou sulfate de chaux se trouve dans la nature sous deux formes minéralogiques bien différentes. L'une est anhydre, dure, compacte, c'est l'*anhydrite*, qui est peu répandue et partout peu employée; l'autre est hydratée, elle est cristallisée, tendre et constitue le *gypse* ou pierre à plâtre.

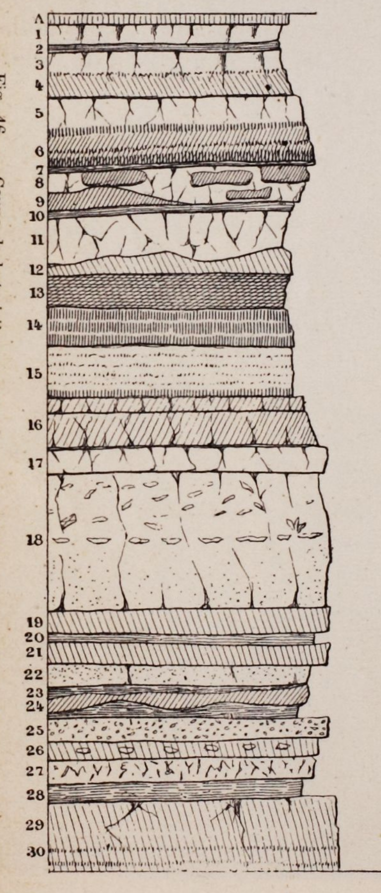


Fig. 16. — Coupe de la troisième masse du gypse de Montmartre (d'après Brongniart)

Le terrain parisien est abondamment pourvu de plâtre, aussi la plus grande partie employée dans les arts industriels et en agriculture provient elle du bassin de la Seine. Cette couche gypseuse estclas-

sique en géologie (fig. 16) on y trouve la pierre à plâtre sous différentes formes : le gypse compacte, ou couenne des ouvriers (4) surmonté de marne calcaire (3) puis en (5) du gypse compacte mêlé de marne; en 6 les *pieds d'alouette* ou sélénite laminaire, en 8 du gypse compacte appelé *pains de quatorze sous* en 12 du gypse compacte mêlé de marne, en 13, 14 et 15 du gypse compacte divisé par des zones de sélénites que les ouvriers nomment *moutons*, *tendrons*. En 17 une couche de gypse nommé petit banc; d'autres couches de gypse se trouvent en 19, 21, 26, 29 et 30, les couches intermédiaires étant formées de marnes et de calcaire grossier (1). Toutes ces couches sont très-riches en ossements fossiles, dont les plus célèbres sont l'*Hyœnodon parisiensis* (fig. 18) animal

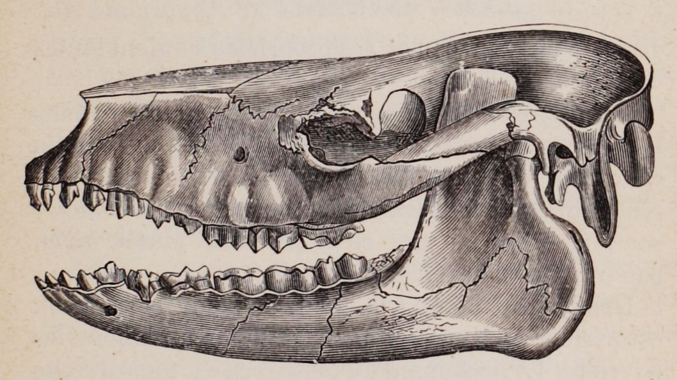


Fig. 17. — L'Anoplotherium.

voisin des Isalis, et l'*Anoplotherium* (fig. 17) si bien étudié par G. Cuvier.

Le plâtre est seul employé en agriculture. Tel qu'on l'extrait des carrières, le gypse pulvérisé constitue

(1) Stanislas Meunier ; *Géologie des environs de Paris*.

le *plâtre cru*. Cependant, c'est le plus souvent à l'état de *plâtre cuit* qu'on l'utilise.

La cuisson a pour but de faire perdre au gypse, environ la moitié de son eau de cristallisation, cette cuisson se fait dans des fours dits à plâtre, dont la température atteint 115 degrés. Au-delà le plâtre perdrait toute son eau et ses propriétés seraient toutes différentes.

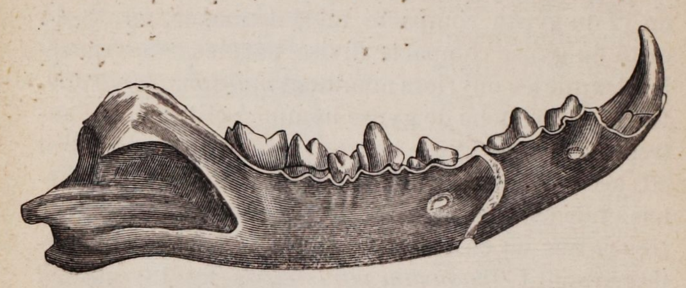


Fig. 18. — L'Hyœnodon parisiensis

Les plâtres cuits ou en poudre que l'on trouve dans le commerce, sont assez souvent falsifiés avec de la chaux pulvérulente, du sable et des débris de plâtre cru, l'agriculteur aura donc tout intérêt à acheter son plâtre cru ou cuit *en morceaux* plutôt qu'en poudre. La pulvérisation pourra très-bien se faire à la ferme, dans la morte saison, pendant laquelle on est parfois embarrassé pour occuper utilement les ouvriers. Le broiement du plâtre cru est plus difficile que celui du plâtre cuit; mais, au moyen de masses en fer, on parvient assez facilement à le pulvériser.

Cependant, même les plâtres naturels et non falsifiés, ne sont jamais chimiquement purs; aussi le plâtre n'est-il pas absolument du sulfate de chaux;

en effet, il renferme, en général, de 3 à 15 p. 100 de matières étrangères. Le plâtre de Bourgogne ne contient que 3 à 5 pour 100 de substances étrangères, tandis que celui des environs de Paris dose de 12 à 15 pour 100 de carbonate de chaux, d'argile, d'oxyde de fer, etc.

Action du plâtre sur les cultures.

C'est vers le milieu du XVIIIe siècle qu'un pasteur protestant de la principauté de Hohenlohe, Mayer, appela le premier l'attention sur le rôle fertilisant de cette substance. Les écrits que publia Mayer à ce sujet rendirent un véritable service à l'agriculture, car partout on essaya le plâtre, en Suisse, en Allemagne en Italie et en France. L'expérience que fit Franklin en Amérique, aux environs de Washington, est célèbre ; il possédait auprès d'une route très fréquentée, un champ de luzerne situé en contre-bas de la chaussée, et y répandit du plâtre de manière à former ces mots : « Ceci a été plâtré, » et bientôt les pieds ainsi amendés, plus vigoureux, élevèrent leurs feuilles au-dessus des plantes voisines et leur relief reproduisit ces mots.

Mais comme le fait si judicieusement remarquer M. P-P. Dehérain, ainsi qu'on l'a souvent observé dans l'histoire des engrais, on passe d'un extrême à l'autre, et après s'être longtemps refusé à employer le plâtre les agriculteurs s'engouèrent de cette matière ; on s'imagina que le plâtre était un engrais universel et qu'il allait remplacer tous les autres. Il n'en était rien cependant ; les mécomptes arrivèrent, et on reconnut bientôt, que le plâtre n'agissait qu'avec l'aide d'engrais organiques et que s'il était très-efficace pour certai-

nes plantes, il n'exerçait aucune action favorable sur beaucoup d'autres. Comme ces résultats contradictoires avaient jeté quelque trouble dans les esprits, et qu'après avoir exagéré les effets utiles en plâtre, il était à craindre qu'on ne le négligeât outre mesure, la Société d'agriculture de France jugea utile d'ouvrir une enquête et de s'adresser aux agriculteurs eux-mêmes de façon à connaître leur opinion sur les conditions dans lesquelles le plâtre devait être employé ; le résultat de cette enquête fut présenté à la Société par Bosc, dans la séance mémorable du 20 avril 1822.

Voici à peu près les trois conclusions qu'on put en tirer par la suite.

1° Le plâtre ne peut suppléer à l'engrais organique ;

2° Le plâtre agit favorablement sur les prairies artificielles ;

3° Il n'agit en aucune façon sur les céréales.

Explication des effets utiles du platre. — Ces résultats une fois constatés, les savants s'occupèrent d'expliquer pourquoi le plâtre agit favorablement sur les prairies artificielles.

Liebig proposa une explication, qui fut longtemps acceptée et qui consistait à considérer le plâtre comme propre à fixer l'ammoniaque qui tend à s'échapper sous forme gazeuse du sein de la terre après y avoir été apportée par l'eau des pluies ou après y être formée par suite de la décomposition des matières organiques. Dans cette théorie, le sulfate de chaux et le carbonate d'ammoniaque étant en présence, une double décomposition avait lieu et il se formait du carbonate de chaux et du sulfate d'ammoniaque. Ce dernier sel non volatil, pouvait se conserver dans la terre, où il était dissout et pris par les

racines des plantes, dans lesquelles il faisait ainsi pénétrer l'azote assimilable. Malheureusement pour cette théorie, il est reconnu que les engrais azotés n'agissent pas sur les légumineuses fourragères et que de plus, le plâtre n'agit nullement sur les céréales qui, au contraire, ont une préférence marquée pour l'azote. Donc, si le plâtre se décomposait, comme le disait Liebig, et formait du sulfate d'ammoniaque assimilable, il devait être absorbé par les céréales.

H. Davy donnait une autre explication des effets utiles du plâtre. Il prétendait que cette substance était absorbée en nature et se fixait dans les tissus végétaux. La conséquence de cette explication est, qu'on devait retrouver dans les récoltes plâtrées l'acide sulfurique et la chaux dans les proportions qui constituent le plâtre, c'est-à-dire 40 du premier pour 28 du second. Or, de nombreuses analyses ont fait voir que, dans les cendres végétales, on trouvait 3.9 d'acide sulfurique pour 28 de chaux; mais il faut remarquer aussi, et c'est là le fait curieux qui donna le dernier coup à la théorie de H. Davy, que la proportion d'acide sulfurique n'est pas plus forte dans les légumineuses plâtrées que dans celles qui ne l'ont pas été.

Pour M. Kuhlmann, le plâtre en présence des matières azotées formait des nitrates alcalins, c'est-à-dire de soude, de chaux, de potasse et de magnésie ; sels solubles que les plantes pouvaient absorber. Or, il est bien prouvé que les nitrates ne réussissent presque pas sur les légumineuses, tandis qu'ils donnent des effets remarquables sur les graminées.

M. Boussingault donna une explication plus sim-

ple, il disait que le plâtre agissait surtout par la chaux qu'il apportait au sol et dont les légumineuses sont très-avides.

Action du platre sur les sels potassiques de la terre arable. — La question en était là lorsque M. P. Dehérain entreprit, en 1863, une série de recherches qui l'ont conduit à une autre explication, explication généralement admise aujourd'hui et qui, en réalité, rend parfaitement compte des faits.

D'après le savant professeur du Muséum, le plâtre fait pénétrer dans les plantes de la potasse qui provient du sol, où elle existe à l'état de carbonate soluble et où elle ne serait absorbée qu'en faible proportion en l'absence du sulfate de chaux.

Les carbonates de potasse et des autres bases alcalines se forment par l'acide carbonique de l'eau de pluie, qui décompose dans le sol les silicates de potasse, d'alumine, etc. ; mais ces carbonates retenus par l'argile sont peu solubles et sont en général retenus à la partie superficielle de la terre.

Or, en ajoutant du plâtre, il se forme, par double décomposition, du carbonate de chaux et du sulfate de potasse, sels très-favorables aux légumineuses, et de plus le sulfate de potasse n'est plus retenu par le sol, il est au contraire très-soluble, très mobile et filtre plus facilement dans les profondeurs du sol où les longues racines du trèfle et de la luzerne peuvent s'en emparer. Cet effet du plâtre peut être traduit par l'équation chimique suivante :

$$\underbrace{CO^2 KO}_{\text{carbonate de potasse}} + \underbrace{SO^3 CaO}_{\text{plâtre}} = \underbrace{CO^2 CaO}_{\text{carbonate de chaux}} + \underbrace{SO^3 KO}_{\text{sulfate de potasse}}$$

A la suite d'analyses très-précises M. Dehérain a

d'ailleurs reconnu que la potasse était beaucoup plus abondante dans des trèfles ayant été plâtrés que dans ceux qui ne l'avaient pas été. Ces analyses ont également porté sur la luzerne ; d'ailleurs précédemment M. Boussingault avait déjà fait la même remarque, mais sans en fournir l'explication.

Il est clair, d'après les faits qui précèdent, que lorsqu'on ajoute du plâtre à une terre, il a pour effet d'y mobiliser les alcalis et de leur permettre de s'enfoncer dans les profondeurs de la couche arable au lieu de rester dans les parties superficielles. On conçoit dès lors que, tant qu'on cultivera des plantes comme les céréales dont les racines restent à la surface du sol, il importe peu que la potasse soit retenue dans les couches superficielles par les propriétés absorbantes du sol, mais qu'il n'en est plus ainsi, suivant la remarque de M. Dehérain, pour les légumineuses, dont les racines s'enfoncent au-dessous de la couche arable ordinaire : les racines de sainfoin, par exemble, pénètrent quelquefois jusqu'à 2 mètres de profondeur et peuvent s'étendre plus loin dans les interstices des roches calcaires. On rencontre des racines de luzerne à des profondeurs plus grandes encore : nous avons à l'Ecole d'agriculture de Grignon, une racine de luzerne de 2 m. 50 de longueur. De Gasparin en a vu de 4 mètres, et il en existe, dit-on qui atteignent des dimensions plus considérables encore.

Pour prospérer, ces plantes doivent donc rencontrer de la potasse soluble jusqu'à une profondeur assez considérable, et le plâtre leur est utile en faisant descendre dans le sous-sol la potasse que les agents atmosphériques ont mise en liberté dans les couches superficielles.

Ce qui vient encore confirmer l'explication fournie par le savant professeur du Muséum, c'est que dans la culture des légumineuses, le plâtre peut être remplacé par une addition au sol de sulfate de magnésie et surtout de sulfate de potasse : les récoltes traitées avec ces sels ont même été supérieures à celles qui avaient été plâtrées, et cela se conçoit, car le plâtre ne crée pas la potasse, il ne fait que la mobiliser. Si donc, on ajoute à la terre, la matière que le plâtre doit rendre soluble, on produira un effet plus efficace encore que celui déterminé par le sulfate de chaux lui-même.

Pratique du plâtrage.

Ce mode d'action du plâtre étant admis, voyons comment il doit être appliqué pour produire tous ses effets utiles; ceci est loin d'être indifférent, car la pratique des plâtrages, comme on va le voir dans les lignes qui suivent, est tout à fait différente de celle du chaulage et du marnage.

Epandage du platre. — Le plâtre, comme nous l'avons vu au début de ce chapitre, peut être employé à l'état cru ou cuit, mais toujours, il faut qu'il soit en poudre très-fine.

Cet amendement, ou plutôt ce stimulant, doit être appliqué sur les plantes en végétation, au printemps, de préférence le soir ou le matin lorsque le sol est couvert de rosée, le plâtre reste ainsi à la surface où il rencontre les carbonates alcalins.

On peut plâtrer aussi en juin ou juillet, aussitôt que se montre la pousse de la seconde coupe d'une prairie artificielle.

Il résulte des observations de M. Heuzé :

1° Qu'une température élevée et prolongée, comme une humidité abondante, nuit à l'action du plâtre ;

2° Que le plâtre ne manifeste son énergie que quand l'atmosphère est à la fois chaude et humide ;

3° Que les effets du plâtre sont toujours en raison directe de la fertilité du sol :

4° Que le plâtre produit peu d'effet dans les terrains pauvres que la chaleur solaire dessèche de bonne heure au printemps.

Dose des platrages. — Ici encore on ne peut rien dire d'absolu, les quantités de plâtre à appliquer sont nécessairement variables avec le sol et la nature des plantes cultivées. Cependant, d'une manière générale, une dose de 350 a 400 kilogrammes par hectare constitue une bonne moyenne, il est bien rare qu'on aille au-delà, mais par contre il n'est pas à conseiller de se tenir au-dessous si l'on veut avoir un supplément de récolte pouvant payer largement les frais de l'opération.

M. de Dombasle recommandait, dans l'application du plâtre aux trèfles, luzernes et sainfoins, d'en semer un hectolitre par hectare en même temps que les graines, et de semer un second hectolitre au printemps suivant sur les plantes en végétation.

Plâtras ou débris de démolition.

Les débris de constructions en plâtre sont assez souvent employés dans la fertilisation des terres, soit pour remplacer le plâtre, soit pour entrer dans la composition des engrais composés qu'on désigne sous le nom de composts.

Ces matières doivent leur valeur fertilisante, non-seulement au plâtre, mais encore au nitrate de po-

tasse de soude, de chaux, aux carbonates et aux chlorures de mêmes bases qu'ils renferment.

D'après M. Isidore Pierre, professeur à la Faculté des sciences de Caen, le mélange des sels solubles qu'on en retire par lessivage contient en moyenne :

Nitrate de potasse et chlorure de potassium.........	10
Nitrate de chaux et de magnésie....................	70
Sel marin (chlorure de sodium).....................	15
Chlorure de calcium et de magnésium..............	5

Indépendamment de leur action chimique, les plâtres peuvent agir mécaniquement à la manière de la marne.

C'est surtout sur les prairies humides que les résultats constatés avec ces substances ont été remarquables. On les emploie généralement à la dose de 150 hectolitres par hectare.

TROISIÈME PARTIE

Les Engrais végétaux

CHAPITRE I

PLANTES EMPLOYÉES COMME ENGRAIS

Engrais organiques.

Nous abordons maintenant l'étude des engrais proprement dits, c'est-à-dire des matières fertilisantes qui agissent surtout en apportant au sol les éléments chimiques de la fertilité. Ces matières sont, les unes d'origine organique, les autres d'origine minérale.

Les premières, qui sont de beaucoup les plus employées, ont en général une action prolongée dans le sol, car elles ne sont pas absorbées telles qu'on les y introduit, mais elles subissent dans la terre des transformations plus ou moins lentes qui ont pour effet de minéraliser ou plutôt de solubiliser l'azote, l'acide phosphorique, la potasse et même la chaux qu'elles renferment.

Cependant il ne faudrait pas croire que les engrais organiques n'agissent que par les éléments chimiques qu'ils contiennent ; à un certain point de vue on peut aussi les considérer comme substances amendantes en raison des grandes quantités d'eau et de matière organique qui les constituent, ces dernières se transforment tout d'abord en humus, dont le rôle physique et mécanique n'est pas moins important que le rôle chimique.

Par leur composition même, les engrais organiques réunissent les conditions les plus avantageuses pour fertiliser le sol dans lequel on les répand à dose convenable et en temps opportun. La plupart sont des engrais *complets*, c'est-à-dire renfermant tous les éléments de la fertilité.

Ils ont l'avantage de se décomposer dans la terre, avec une lenteur qui varie suivant les substances employées, et qui met peu à peu à la disposition des racines des plantes, l'acide carbonique, l'ammoniaque et les sels que celles-ci doivent absorber.

Quel que puisse être l'engouement qui s'est manifesté dans ces dernières années pour les engrais minéraux ou salins à action rapide, il n'en est pas moins vrai que les engrais organiques sont les plus précieux, ceux sur lesquels le cultivateur peut le plus sûrement compter dans le plus grand nombre des circonstances, ceux qu'il se procure aux meilleures conditions de prix. Toutefois, dans les conditions actuelles de l'agriculture, il est presque toujours, sinon même toujours, impossible au cultivateur de faire *indéfiniment* à la surface d'une exploitation, tous les engrais organiques nécessaires à l'entretien de la fécondité du sol. C'est là un fait sur lequel on ne saurait trop insister, car, en raison des produits exportés et vendus, la ferme sur laquelle on n'apporte pas d'engrais *venus du dehors*, s'appauvrit à la longue.

Les engrais organiques peuvent être divisés en trois groupes, que nous étudierons séparément :

1° Les *engrais végétaux* ; 2° les *engrais animaux* ; 3° les *engrais mixtes*.

Matières fertilisantes d'origine végétale.

Les matières fertilisantes d'origine végétale apportent au sol une énorme masse de matières qui ont été empruntées à des sources gratuites, à l'air atmosphérique par exemple. Ce sont des plantes ou des débris de plantes qu'on incorpore au sol de diverses manières et qui, en même temps qu'elles le fertilisent, modifient très-avantageusement, dans le plus grand nombre des cas, ses propriétés physiques et mécaniques.

Les engrais végétaux comprennent eux-mêmes deux groupes bien distincts :

1° Les plantes ou parties de plantes qu'on apporte au sol à l'état frais et sec ;

2° Les résidus de fabrication de certaines industries qui mettent en œuvre des substances végétales.

Engrais verts.

Ce sont des plantes qu'on fait croître directement, sur la terre qu'on veut fertiliser ; elles empruntent bien à celle-ci des matières minérales, mais souvent elles vont les chercher à de grandes profondeurs ; de plus, elles prennent, dans l'air, de grandes quantités de substances carbonées et même azotées qu'on incorpore ensuite à la terre.

Enfouissements végétaux. — Le système des enfouissements végétaux ou engrais verts, consiste à cultiver des plantes qu'on enfouit au moment le plus favorable. Par cette opération, qui semble aller à l'encontre du but de la production végétale, on réalise en définitive le procédé que la nature même emploie pour fertiliser les sols auxquels la main de l'homme n'a

pas encore touché ; l'abandon sur place de la production végétale aide une génération nouvelle à se développer.

La mise en activité d'éléments nouveaux désagrégés par les plantes enfouies en vert ou puisées dans les couches profondes ne constitue pas une amélioration réelle dans le sens absolu du mot, ils font retour au sol en étant enfouies dans les couches superficielles. L'usage des engrais verts est bien connu et pratiqué depuis longtemps dans les Flandres, mais c'est surtout l'agriculture méridionale qui les emploie le plus souvent, car l'enfouissement en vert donne de la fraîcheur au sol et celle-ci est toujours avantageuse dans les contrées chaudes.

On enfouit les engrais verts au moment où la végétation a acquis son maximum de développement. On admet d'une manière générale, qu'il coïncide avec la floraison.

Les plantes cultivées dans le but d'être enfouies en vert, comprennent : d'une part, celles qu'on enterre au printemps, telles que le lupin blanc, le trèfle incarnat, le colza d'hiver, la navette, la vesce d'hiver, etc. qu'on sème de septembre à octobre et qui sont enfouies en mars ou mai.

D'autre part, celles qu'on enfouit en été, et qui comprennent le sarrazin, le lupin jaune, etc., qu'on sème en mai et qu'on incorpore au sol en août et septembre. A ce groupe on peut ajouter la moutarde blanche (fig. 19) la spergule, la navette (fig. 20) qu'on sème en juillet et qu'on enfouit en octobre.

Il serait trop long de décrire ici la culture de chacune de ces plantes, auxquelles on en ajoute bien d'autres dans certains cas. Depuis quelques années c'est

surtout aux légumineuses qu'on donne la préférence, en raison de la faculté qu'elles ont de fixer l'azote atmosphérique. Voici néanmoins, la composition de quelques engrais verts, ces chiffres s'appliquent aux plantes au moment de la floraison :

	Azote.	Ac.ph.	Potasse.	Chaux.
Vesces.........	0.56	0.13	0.43	0.35
Lupins..........	0.50	0.11	0.15	0.16
Trèfle incarnat..	0.43	0.08	0.26	0.36
Trèfle rouge.....	0.48	0.13	0.44	0.48
Colza............	0.46	0.12	0.35	0.23
Spergule........	0.37	0.20	0.47	0.26
Sarrasin	0.39	0.08	0.38	0.50

Le choix de la plante à cultiver dans le but d'être



Fige 19. — Moutarde blanche.



Fig. 20. — Navette.

enfoui, n'est pas indifférent ; les conditions à requérir sont les suivantes :

1° Etre en rapport avec le climat et la nature du sol ;

2° Croître sur des terres maigres ;

3° Avoir une végétation rapide ;

4° Etre pourvues de racines profondes pouvant ramener à la surface, les principes puisés dans les profondeurs du sol ;

5° Les semences devront être peu coûteuses ;

6° Enfin, la plante choisie devra avoir un système foliacé très-développé et être riche en azote.

Il arrive assez fréquemment qu'on enfouit des plantes qui n'ont pas été spécialement cultivées dans ce but ; les récoltes de trèfle, de vesces, de seigle, mal venues, dont le rendement est insuffisant pour payer les frais de la récolte sont dans ce cas.

Quoiqu'il en soit, la plante à enfouir étant arrivée au moment opportun pour être incorporée au sol, on peut y procéder de deux manières :

1° On passe, sur la récolte, un fort rouleau selon la direction que doivent avoir les raies du labour, les plantes étant ainsi couchées, on fait passer la charrue munie d'une rasette, qui les renverse dans les sillons ;

2° On fauche la récolte, on l'épand aussi uniformément que possible sur le sol et on laboure avec une charrue privée de contre, en ayant soin de la faire suivre par un aide muni d'une fourche, qui ramène les plantes dans la raie ouverte. Ce procédé est plus coûteux, mais il donne des résultats beaucoup plus parfaits.

La pratique des engrais verts est surtout avantageusement appliquée aux terres maigres d'un abord peu accessible, on évite ainsi les transports de matières fertilisantes, toujours coûteux.

Débris laissés par les récoltes. — Les débris

qui restent sur le sol, après l'enlèvement de certaines récoltes constituent encore des engrais appréciés dans quelques cas.

Ainsi une récolte de céréales laisse des chaumes et des racines dont on n'a pas l'habitude de tenir compte, mais dont le développement est pourtant considérable. Aussi on admet que de ce fait, les récoltes laissent par hectare, à l'état sec.

Le blé	1500	kilogrammes.
L'avoine	1630	—

Mais les débris laissés par les légumineuses sont bien plus importants encore; d'ailleurs on sait qu'une récolte de céréales venant après une prairie artificielle par exemple, donne le plus souvent des résultats remarquables. Cela se comprend, lorsqu'on songe que les résidus laissés par une luzerne s'élèvent pour un hectare au poids de 36.000 kilogrammes, contenant 200 kilogr. d'azote.

M. Joulie, ayant déterminé la quantité de racines laissée dans le sol par une prairie, sur une épaisseur de 20 centimètres, a trouvé, pour un vieil herbage de Normandie :

Racines sèche par hectare	47.144	k gr.
Azote	482	—
Acide phosphorique	86	—
Potasse	136	—
Chaux	428	—

Quant aux feuilles de betteraves avec les collets, on compte qu'une récolte de betteraves de 50.000 kgr. par hectare, laisse 25.000 kgr. de feuilles renfermant :

270	kgr.	de potasse.
97	»	de chaux.
78	»	de magnésie.
63	»	d'acide phosphorique.
95	»	d'azote.

On aurait donc grand tort de donner les feuilles au bétail, d'autant plus que c'est là un médiocre fourrage, par contre en les enfouissant par les labours on restitue au sol la presque totalité des éléments qui avaient été prélevés par les betteraves, puisque les racines sont surtout formées d'éléments empruntés à l'atmosphère, le sucre par exemple.

Les fanes de pommes de terre laissent environ 26 k. d'azote et 4 k.2 de potasse par hectare.

Feuilles sèches et autres débris de plantes. — Les feuilles sèches ou mortes, provenant des forêts particulières sont quelquefois employées comme engrais, surtout dans les pays pauvres, soit directement, soit après avoir servi de litière au bétail. Dans les forêts de l'Etat, l'enlèvement des feuilles mortes est interdit par l'Administration, dans le but même de conserver leur fertilité.

Les feuilles mortes sont assez pauvres en azote, mais riches en sels minéraux :

	Feuilles de hètre :
Acide phosphorique	4.182
Chaux	16.604
Potasse	11.562
Silice	36.600

Dans d'autres pays, assez rares d'ailleurs, on utilise les fougères, les bruyères, les genèts, etc. Ces matières sont le plus souvent appliquées sur les vignobles. Voici, d'après M. Petermann, la composition moyenne de ces substances séchées à l'air.

	Fougère.	Bruyère.	Genêt.
Eau	15.00	13.00	12.50
Matières organiques	75.75	85.06	84.79
Azote	2.38	0.80	2.54
Acide phosphorique	0.33	0 03	0.30
Potasse	2.75	0.37	0.90
Chaux	0.84	0.23	0.40

Plantes marines.

On rencontre les plantes marines (goëmons ou varechs) sur les côtes alternativement couvertes et découvertes par les marées; ils sont rares dans la Méditerranée et sur les rochers constamment submergés, ainsi que dans les mers australes et sur les côtes qui bordent la mer magellanique. On commence à rencontrer le varech vers le 35° de la titude nord et dans l'Océan Atlantique; il forme sur les rochers de nos côtes des gazons jaunâtres ou brunâtres.

On l'emploie en grande abondance sur les côtes de Bretagne, de Normandie, d'Ecosse et d'Irlande. C'est un mélange de différentes algues que la mer fournit en abondance. On recueille ces plantes, soit quand elles ont été détachées par les vagues, soit par une récolte régulière que l'on obtient en grattant, avec de grands râteaux tranchants, les rochers situés à fleur d'eau ou à une faible profondeur dans la mer.

Ces plantes entraînent souvent avec elles un grand nombre de petits coquillages et de débris divers qui en augmentent souvent la valeur comme engrais.

Hervé-Mangon a cité l'exemple curieux de l'Ile de Noirmoutiers qui maintient une fertilité moyenne par l'usage exclusif du goëmon comme engrais, car les déjections du bétail y sont desséchées et utilisées comme combustibles. Les habitants de Noirmoutiers recueillent avec le plus grand soin le *Ritiphlaea pinastroides*, plante malheureusement assez rare et qui ne renferme que 56 °/₀ d'eau et 1,08 °/₀ d'azote, tandis que le goëmon ordinaire renferme 73,3 °/₀ d'eau et seulement 0, 16 °/₀ d'azote. On trouve un autre exemple de cet emploi exclusif comme engrais des varechs dans

l'Ile de Ré. Ce qui donne à l'agriculture de cette île un caractère tout spécial, c'est l'absence complète de bétail : pas de bœufs, pas de moutons, quelques chèvres broutant une herbe rare. On emploie des varechs qui sont récoltés sur les côtes de l'île, au prix de grands efforts. On fait des tas de varechs, la plante se lave, puis se dessèche peu à peu et bientôt est enfouie dans le sol sablonneux où elle se décompose. Tout le sud de l'île est couvert de vignes et c'est sur la vigne qu'on répand le varech ; au nord on cultive des céréales et particulièrement de l'orge.

Le goëmon étant d'un transport difficile n'est utilisé qu'à peu de distance des côtes.

D'après le professeur Johnston, l'île de Thanet, (près du comté de Kent) a vu doubler et même tripler sa production agricole par l'usage de cet engrais, et les fermes situées sur les côtes du comté de Lothian, qui ont droit de passage pour se rendre aux plages où se fait la récolte du goëmon, se louent 60 et même 90 francs de plus par hectare, que celles qui ne peuvent faire usage de cet excellent engrais.

Application des goémons sur les terres. — Les herbes marines s'emploient à l'état frais, sortant de la mer, et simplement égouttées, soit après qu'elles ont été entassées pendant quelques jours et qu'elles ont subi un commencement de putréfaction, soit enfin après avoir été brûlées plus ou moins complétement.

Les plantes marines à l'état frais se décomposent avec la plus grande facilité.

On n'est pas encore parfaitement d'accord sur le meilleur mode d'emploi de ces engrais. En général, on les croit nuisibles s'ils n'ont pas subi, pendant quelques jours, les influences atmosphériques ou plutôt,

s'ils n'ont été dépouillés de leur excédant de sel marin, par quelques ondées de pluie, ou au moins égouttés avant leur emploi.

Les varechs agissent sur la végétation, par la matière organique azotée qu'ils contiennent, par leurs propriétés hygroscopiques, par leurs éléments salins, etc.

Ce genre d'engrais a en outre, sur beaucoup d'autres, l'avantage de ne pas introduire de semences nuisibles dans les cultures.

Lorsqu'on veut brûler les varechs avant d'en faire usage comme engrais, on les étend et on les expose à la pluie pour les laver, puis on les sèche à l'air en les retournant fréquemment. En cet état, on s'en sert quelquefois comme combustible dans certaines localités où le bois est rare, et c'est alors la cendre qu'on emploie comme engrais.



Fig. 21. — Fucus vesiculosus.

Le plus souvent, cependant, le goëmon n'est brûlé qu'imparfaitement avant d'être employé à cet usage.

Les fucus ou varechs (fig. 21 à 23) sont plus ou moins riches en azote, suivant l'espèce à laquelle ils appartiennent, c'est ainsi que :

Le *fucus saccharinus* (fig. 23) renferme..	1.30	0/0	d'azote.
Le *fucus vesiculosus* (fig. 21)..........	0.20	—	—
Le *fucus serratus* (fig. 22)............	0.60	—	—
Le *fucus digitatus*....................	0.90	—	—
Le *ceramium rubrum*	0.23	—	—

On emploie les goëmons à une dose variant entre 10.000 et 30.000 kilogrammes par hectare.



Fig. 22. — Fucus serratus. Fig. 23. — Fucus saccharinus.

Récoltes des goémons. — L'article 2 du décret du 8 février 1868 sur la récolte des herbes marines dans la Manche et dans l'Océan, modifié le 31 mars 1873 est conçu dans ces termes :

« La récolte des goëmons de rive appartient aux habitants des communes riveraines.

« Tout habitant a droit de participer à cette récolte.

« Les propriétaires des terres situées dans les communes du littoral ont droit à la récolte des goëmons de rive sans être tenus de justifier du fait d'habitation.

« Ils ne peuvent employer à cette récolte que des habitants des communes riveraines. »

A la faveur de ce texte, un nombre considérable d'étrangers aux communes riveraines y ont acheté, pour se constituer un droit à la récolte, des parcelles insignifiantes, souvent incultes, de terrain. Quelques communes se sont élevées contre de pareilles pratiques, aussi le ministre de la marine a-t-il modifié le texte du décret en 1890.

Voici la nouvelle disposition actuellement en vigueur :

Article 1er. L'article 2 du décret du 8 février 1868 et les dispositions du décret du 31 mars 1873 sont abrogés et remplacés par les articles suivants :

« Art. 2 La récolte des goëmons de rive appartient aux habitants de communes riveraines et aux propriétaires de terres cultivées situées dans ces communes, lorsqu'ils sont de nationalité française ou admis à domicile en France, sous les conditions suivantes :

« Tout habitant qui réside dans la commune depuis six mois a le droit de participer à cette récolte

« Les propriétaires de terres cultivées situées dans les communes du littoral ont droit à la récolte du goëmon de rive sans être tenus de justifier du fait d'habitation, lorsque ces terres ont une contenance de 15 ares au moins et qu'elles sont exploitées par eux. Cependant, pour les propriétés indivises ou communes, ce droit n'appartient qu'aux propriétaires dont la part dans les terres cultivées faisant partie de la propriété totale est, en surface, au moins de 15 ares.

« Art. 2 *bis*. Les propriétaires non habitants admis à la récolte doivent présenter leurs titres de propriété dûment enregistrés

« Ils peuvent exercer leur droit non seulement par eux-mêmes, mais, de plus, par leurs conjoints et par leurs enfants légitimes

habitant avec eux. Toute autre personne employée par eux doit être habitante de la commune riveraine.

« Art. 2 *ter*. Les personnes n'habitant pas les communes riveraines qui se trouveraient déchues, en vertu des articles précédents 2 et 2 *bis*, du droit qu'elles possèdent de participer à la récolte, notamment celles qui sont propriétaires dans lesdites communes de parcelles d'une contenance inférieure à 15 ares, continuent à jouir de ce droit, mais seulement à titre viager.

« Elles pourront l'exercer suivant les conditions prévues au 2e paragraphe de l'article 2 *bis*.

« Dans tous les cas, ce droit de viager n'existera que si les terres qui le confèrent sont cultivées et si les titres de propriété invoqués ont une date certaine, antérieure à la promulgation du présent décret. »

Cendres et charrées.

Les cendres provenant de l'incinération des substances végétales constituent plutôt des engrais minéraux ; cependant, c'est ici parmi les matières fertilisantes d'origine végétale qu'elles doivent trouver leur place.

Avant de livrer les cendres à l'agriculture, on en extrait souvent, pour le blanchissage du linge, les sels solubles à base de soude ou de potasse, mais il en reste toujours une partie interposée dans le résidu insoluble, formé de carbonate et de phosphate de chaux, de magnésie, de silice, d'oxyde de fer et de particules charbonneuses.

Ces résidus, appelés *cendres lessivées*, sont surtout employés sur les sols argileux et sableux à la dose de 10 à 60 hectolitres par hectare ; on complète la fumure par des engrais organiques.

Dans l'ouest de la France, les cultivateurs emploient beaucoup de cendres ou de *charrées*, comme

on les appelle encore. D'après les analyses de MM. Moride et Bobierre, elles renferment en moyenne :

Matières organiques	6	2
Silice	35	5
Sels solubles	2	3
Phosphates de chaux et de fer	16	8
Carbonate de chaux	36	2
Magnésie	3	0

L'action de ces cendres se fait sentir pendant cinq, six et même dix ans.

Quant aux cendres vives, qui sont beaucoup plus actives, on les emploie à la dose de 20 à 25 hectolitres par hectare, surtout sur les récoltes d'automne ; on en met généralement la moitié avant l'hiver et l'autre moitié au printemps.

Les cendres, étant surtout riches en potasse, conviennent particulièrement aux pommes de terre et aux prairies naturelles.

CHAPITRE II

RÉSIDUS INDUSTRIELS PROVENANT DES VÉGÉTAUX

Tourteaux de graines oléagineuses.

Les graines oléagineuses, indigènes et exotiques, lin, chénevis, colza, coton, pavot, sésame, ricin (fig.25) arachide (fig. 26) pressées pour l'extraction de l'huile, laissent un résidu solide qui renferme toute la matière utile des graines (azote, acide phosphorique, potasse, etc)., moins l'huile.

Ces résidus constituent les tourteaux ou pains d'huile, qui sont employés à double titre en agriculture, d'abord comme aliments pour le bétail, puis comme engrais pour les terres.

La valeur des tourteaux, comme matières fertilisantes, dépend surtout de leur richesse en azote et en acide phosphorique ; de plus, les meilleurs sont ceux qui sont le mieux débarrassés d'huile.

C'est bien à tort que les tourteaux sont quelquefois considérés comme des engrais complets, pouvant servir dans une certaine mesure pour remplacer le fumier de ferme. A vrai dire, leur teneur en acide phosphorique est trop faible relativement au taux d'azote, qui est élevé, et la potasse s'y trouve le plus souvent en très minime quantité. Ce sont donc plutôt des engrais azotés, auxquels il faudrait adjoindre des phosphates et des sels potassiques.

Mais, ce qui fait souvent préférer les tourteaux aux autres engrais exclusivement azotés, c'est qu'ils contiennent tous des proportions considérables de matières organiques.

Les huileries qui fabriquent les tourteaux sont sur-

tout abondantes dans le nord de la France, les marchés de Lille et d'Arras sont les plus importants sous ce rapport. Marseille produit aussi des quantités énor-



Fig. 24. — Chanvre cultivé.

Fig. 25. — Ricin, d'après Guibout, *Drogues*.

mes de tourteaux, principalement extraits des graines étrangères dont l'huile est employée pour la fabrication du savon. Les tourteaux se vendent en tablettes qui ont généralement 35 cm. à 40 cm., de long sur

15 à 20 cm. de large; ce format allongé est le seul produit dans le nord; à Marseille on produit des tourteaux carrés de 35 cm. de côté. Dans beaucoup d'huileries de l'Allemagne, les tourteaux sont circulaires.

Composition des tourteaux. — Les diverses espèces de tourteaux employés en France, ont une composition chimique et par suite, une valeur fertilisante assez variable. Elle est comprise, pour l'eau, entre 7 et 13 0/0 ; pour l'azote entre 2 et 7.50 p. 100 ; pour l'acide phosphorique entre 0.60 et 3 p. 100. Enfin, les matières minérales, dans la proportion de 2 à 15 p. 100 renferment surtout de la silice, du carbonate et du phosphate de chaux, de l'oxyde de fer, etc. On y trouve de petites quantités de matières grasses ou huile.

Au laboratoire de chimie de l'Ecole d'agriculture du Pas-de-Calais, nous avons eu l'occasion, depuis quelques années, d'analyser un grand nombre de tourteaux de diverses provenances. Nous donnons dans le tableau page 118 quelques-unes de ces analyses, dans lesquelles nous indiquons l'eau, les matières organiques, les matières minérales, l'azote, l'acide phosphorique, et la potasse pour un certain nombre d'entre eux.

Comme on le voit, la composition des tourteaux est très variable suivant la nature des plantes qui les ont produit. C'est ainsi que les tourteaux provenant des graines de ricin (fig. 25), de chanvre (fig. 24), d'arachide (fig. 26), etc., etc., n'ont pas exactement la même valeur fertilisante.

Il est très-important pour le cultivateur de faire analyser ces engrais avant de conclure un marché, et surtout d'y faire doser bien exactement la propor-

tion de matières grasses qui, introduite en forte quantité dans le sol, peut avoir une influence très-défavorable.

A égalité de principes fertilisants, les divers tourteaux exotiques ou indigènes ont une action peu diffé-

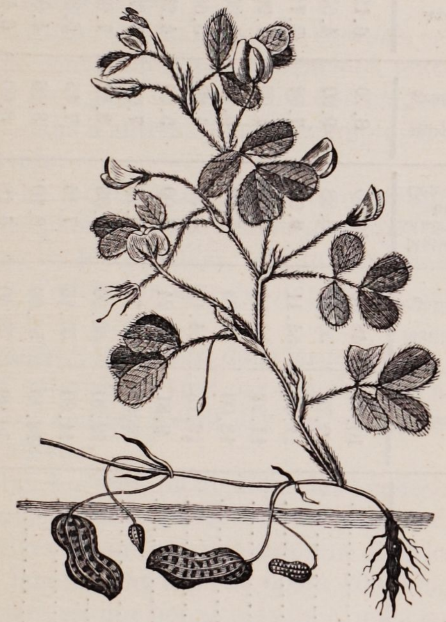


Fig. 26. — Arachide.

rente sur la végétation, et on peut, pour avoir la valeur réelle d'un de ces engrais, appliquer aux principes utiles la même valeur marchande qu'à celle des engrais commerciaux, en général, c'est-à-dire au cours actuel, pour l'azote 1.40, pour l'acide phosphorique 0.50 et pour la potasse 0.40 le kilogramme. D'après cela, prenant dans le tableau suivant le tourteau de colza nº 3. sa valeur sera :

COMPOSITION DES TOURTEAUX OLÉAGINEUX (Analyses de M. Larbalétrier)

TOURTEAUX DE	Eau	Matières organiques	Matières minérales ou Cendres	Matières grasses	Azote	Acide phosphorique	Potasse
Pavot	10.90	48.52	10.10	8.70	6.12	2.50	»
Navette	9.70	52.61	8.88	9.00	4.67	1.58	»
Lin	11.68	54.11	9.92	7.62	5.71	2.00	»
Colza (1)	11.22	59.50	6.80	4.00	4.90	2.72	1.10
— (2)	13.00	48 98	5.10	3.10	5.00	2.80	»
— (3)	12.15	54.12	5.92	4.80	5.60	1.75	1.16
Chénevis	9.81	53.24	7.00	5.20	4.95	1.82	»
Arachide brute	10.68	58.71	6.75	7.00	5.38	0.67	»
— décortiquée	12.10	60.00	4.88	8.12	7.00	1.00	0.80
Sésame	11.80	57.16	7.16	7.15	6.30	1.90	»
Cameline	12.79	56.00	8.10	8.16	4.90	»	»
Noix	10.90	59.60	6.18	8.00	6.13	1.40	»
Ravison	11.00	52.15	7.21	9.60	4.95	0.82	»
Ricin	12.10	51.00	6.90	10.14	5.60	2.00	0.75

5.60	×	1 fr. 50	=	7 fr. 84
1.75	×	0 » 60	=	0. 70
1.16	×	0 » 40	=	0. 56
				9 fr. 10

La valeur de ce tourteau sera donc d'environ 9 fr. les 100 kilogrammes.

EMPLOI DES TOURTEAUX COMME ENGRAIS. — Les tourteaux ne conviennent pas également à toutes les terres, il y en a dans lesquelles on doit se garder de les mettre, dans d'autres, il faut les employer avec ménagements.

Dans les terres fortes, leur décomposition est très-lente, les plantes n'en tireraient donc que peu de profit ; dans les terres acides, leur introduction n'aurait que peu d'effet, car leur décomposition serait très-difficile.

En général, les terres, dans lesquelles la nitrification est entravée ne sont pas sensibles à l'action des tourteaux, comme à celle des autres engrais organiques d'ailleurs.

Le plus souvent, on applique les tourteaux en petits fragments de la grosseur d'une noix ou d'une noisette, on les répand alors en automne et on les enfouit par un labour, une dose de 600 à 800 kilogrammes par hectare est une bonne moyenne, mais on complètera la fumure au moyen d'engrais phosphatés.

Quelquefois on les met au printemps ou à la sortie de l'hiver ; dans ce cas il faut les répandre, non plus en fragments, mais en poudre fine. Mais il faudra bien se garder de les mettre en terre en même temps que les semences, à cause de l'huile qu'ils renferment. C'est pour avoir méconnu ce principe qu'on a quelquefois vu les tourteaux produire des effets nuisibles. On a

prétendu à ce sujet, que les graines mises en contact avec l'huile perdaient leur faculté de germer. D'après MM. Müntz et Girard (1) il n'en serait rien, et des essais multipliés ont montré à ces expérimentateurs que les graines enduites d'huile, soit directement, soit par le contact avec les tourteaux oléagineux, ne perdaient nullement leur faculté germinative. C'est donc à une autre cause qu'il faut attribuer les accidents qui ont été quelquefois signalés. Dans les expériences faites par les auteurs précédents, il a été remarqué que les tourteaux avaient une grande tendance à se recouvrir de moisissures et à se putréfier. Les graines qui sont en contact avec eux à ce moment, sont envahies également et les germes pourrissent. C'est parce que le tourteau leur communique l'infection dont il est le siège, que la levée des graines ne se fait pas ; il faut donc éviter de mettre les semences en contact avec les tourteaux, aussi longtemps que celui-ci est dans la période de putréfaction qui, d'ailleurs, n'est pas de longue durée.

Dans ces dernières années, M. L. Guis, de Marseille, a mis dans le commerce des tourteaux de sésame sulfuré, dosant 6 à 7 °/₀ d'azote, qui est particulièrement efficace pour toutes les cultures. A ses qualités fertilisantes, il joint des propriétés insecticides précieuses.

Dans quelques essais que nous avons fait sur ce sujet, nous avons cru remarquer que les tourteaux riches en huile prenaient plus facilement la moisissure que les tourteaux bien épurés. C'est donc toujours à ces derniers qu'on devra donner la préférence.

(1) A. Müntz et A. Ch. Girard. *Les Engrais,* Paris, 1889, t. I.

Résidus de sucrerie.

Les pulpes de sucrerie ne sont que bien rarement employées comme engrais, on préfère les donner au bétail ; mais si elles étaient avariées on fera mieux de les incorporer aux composts.

Par contre, les écumes de défécation constituent une matière fertilisante précieuse. Ces écumes sont le résultat de l'action de la chaux sur les jus sucrés bruts, cette base y précipite, outre les substances carbonées diverses, des matières azotées et de l'acide phosphorique, qu'on retrouve mélangés avec la chaux transformée en carbonate dans le cours de l'opération.

Ces résidus sont surtout riches en chaux; aussi sont-ils surtout employés comme engrais calcaires. Voici la composition moyenne des écumes de défécation, contenant environ 40 p. 100 d'eau, après leur passage au filtre-presse.

Azote	0.3	à	0.8
Acide phosphorique	0.8	à	1.5
Potasse	0.1	à	0.5
Chaux	15.0	à	30.0
Magnésie	0.8	à	1.5

Une partie de la chaux reste ordinairement à l'état libre.

Lorsqu'on fait une double carbonatation, on obtient des résidus moins riches, surtout en acide phosphorique, puisque celui-ci est presque en entier entraîné dans les premières opérations. Voici l'analyse d'une écume de cette nature :

Eau	34.00	p. 100
Azote	0.35	
Acide phosphorique	0.05	
Potasse	0.30	
Chaux	36.00	

On applique les écumes pulvérisées en hiver.

Résidus de distillerie.

La distillerie fournit deux sortes de résidus : les drèches, plus spécialement réservées pour la nourriture du bétail, et les vinasses.

Quelquefois les vinasses sont traitées industriellement pour en extraire la potasse, mais le plus souvent, on laisse au préalable ces liquides se déposer dans des bassins, elles donnent alors une liqueur claire qu'on fait écouler sur les prairies et il reste un dépôt renfermant des débris organiques, de l'azote et des phosphates, la plus grande partie de la potasse se trouvant dans le liquide.

La composition des vinasses de distillerie varie nécessairement avec la nature des substances soumises à l'alcoolisation. En général elles contiennent l'azote, l'acide phosphorique et la potasse dans les proportions suivantes :

	Betteraves.	Mélasses.	Grains	Pommes de terre
Azote.........	0.7 à 2.0	1.5 à 3.0	2.5	1.5 à 2.5
Acide phosph.	0.2 à 0.8	0.1 à 0.2	25 à 4.5	0.3 à 1.0
Potasse.......	1.5 à 3.0	1.8 à 9.0	2.6	2.5 à 3.5

Ce sont donc surtout des engrais potassiques.

Résidus de féculeries et d'amidonneries.

Les eaux de lavage produites dans les féculeries sont généralement répandues en arrosages sur les prairies, elles renferment, pour 1000 :

Azote.....................	0.24
Acide phosphorique.........	0.09
Potase	0.55

Mais ces liquides, entrant très-facilement en fer-

mentation dégagent des odeurs infectes, aussi est-il difficile de les conserver.

Dans les amidonneries de maïs, on produit des tourteaux blancs, fort riches et très-employées depuis quelques années, dans la fertilisation. Voici la composition p. 100 d'un de ces produits :

Azote	2.60
Acide phosphorique	2.00
Potasse	0.50

Résidus de brasseries.

Les brasseries et malteries produisent, en abondance, des touraillons ou germes d'orge, qui sont très riches en matières utiles, Ces touraillons se présentent sous forme d'une poudre plus ou moins grossière, qui pourrait être employée à l'alimentation du bétail si les poussières n'y étaient si abondantes, mais ils conviennent tout particulièrement à la fertilisation des terres, surtout des prairies.

Le D[r] Wolff leur assigne la composition moyenne suivante : (1)

Eau	9.20
Cendres	5.96
Azote	3.84
Acide phosphorique	1.25
Potasse	2.08
Chaux	0.09

Trois échantillons provenant de diverses brasseries des environs d'Arras et de Saint-Pol, que nous avons analysés au laboratoire de l'Ecole d'agriculture du Pas de Calais, nous ont donné :

(1) Wolff, les *Engrais*, trad. par Ad. Damseaux, Bruxelles.

	I	II	III
Eau	2.10	3.22	5.00
Matière organique	89.20	90.00	84.57
Cendres	8 70	6.78	10.43
	100.00	100.00	100.00
Contenant : Azote	3.87	5.00	4.15
— Acide phosphorique	1.20	1.13	1.30
— Potasse	2.00	3.30	2.56

Comme on le voit, la composition des touraillons les rapproche des meilleurs tourteaux oléagineux. De plus, leur forme pulvérulente permet de les répandre avec facilité, surtout le matin lorsque le sol est couvert de rosée ; une dose de 800 à 1000 kgr. de cet engrais constitue une excellente fumure (1).

Marcs de raisins et de pommes.

Dans les pays vignobles, les marcs de raisins épuisées ayant servi à la fabrication des piquettes sont employés comme engrais. Ces substances, séchées à l'air, renferment de 1,70 à 1,80 p. 100 d'azote, à l'état naturel.

Néanmoins c'est un engrais à action assez lente.

Dans la fabrication des vins de raisins secs, qui a pris dans ces dernières années une certaine extension, on obtient un marc qui constitue un excellent engrais. Un de ces marcs provenant de Charenton près Paris, a donné à l'analyse :

Eau	77,35
Azote	0,77
Acide phosphorique	0,14
Potasse	0,60

(1) A. Larbalétrier : *Utilisation des germes ou touraillons de brasserie comme engrais.* (*Journal d'agriculture pratique,* 1890, tome I).

Les marcs de fruits à cidre, si abondamment produits en Normandie, en Picardie et en Bretagne peuvent être additionnés avec de la chaux pour détruire leur acidité, on forme ainsi une masse sèche et spongieuse très riche en azote et qui constitue un excellent engrais.

Le marc de pomme desséché à l'air contient 6,4 p. 100 d'eau, et 0,59 d'azote. Dans le pays d'Auge, on en forme des galettes qu'on déssèche et qu'on brûle sous les chaudières dans lesquelles on distille le cidre pour en retirer de l'eau-de-vie. Ses cendres sont très riches en potasse, et, par conséquent très propres à mettre au pied des pommiers ou sur les champs destinés à la culture des pommes de terre.

Depuis que, d'après mes conseils, dit M. J. Girardin, (1) nombre de cultivateurs de la Normandie, ont consenti à ne plus laisser pourrir, sans profit, les marcs de pommes qui encombraient leurs cours, ils ont pu augmenter considérablement la masse de leurs engrais et doubler la valeur de leurs prairies.

(1) J. Girardin *Moyens d'utiliser le marc de pomme*. (Travaux de la Société centrale d'Agriculture de la Seine-Inférieure 1849)

QUATRIÈME PARTIE

Les Engrais animaux

CHAPITRE I

LES DÉBRIS ANIMAUX

Emploi des os comme engrais.

Les engrais d'origine animale sont d'un emploi encore bien plus général que les précédents. Ils en diffèrent néanmoins par deux points essentiels : leur richesse en azote et leur rapidité de décomposition.

Les os provenant des boucheries et des établissements d'équarrissage sont employés dans l'industrie par la confection de diverses objets, tels que manches de couteaux, dés à jouer, dominos, etc. ; mais ces industries laissent une foule de débris ou déchets qui sont utilisés par les fabricants d'engrais.

Les os sont surtout des engrais phosphatés, à l'état naturel, ils renferment :

48 p. 100 d'eau, de graisse, de gélatine, etc.
46 p. 100 de phosphate tribasique de chaux. et de magnésie.
4 p. 100 de carbonate de chaux.
2 p. 100 de sels alcalins.

Os verts. — Les os, non débarrassés de leur gé-

latine et des matières grasses, sont généralement désignés sous le nom *d'os verts*, pour les distinguer des os bouillis c'est-à-dire débarrassés de leur gélatine par les fabricants de colle forte. Voici, d'après le Dr Vœlcker, la composition chimique comparée des os sous ces deux états :

	Os verts.	Os bouillis.
Eau	12.31	7.70
Matière organique (contenant	30.73	25.27
en azote	3.73	42.78
Phosphate de chaux et de magnésie	49.72	43.73
Chaux du phosphate restée en dissolution.	7 78	»
Carbonate de chaux	4.25	9 77
Sels alcalins	2.78	
Sable siliceux	0.21	13 53

Les os frais sont ceux que l'on obtient immédiatement après l'abattage des animaux ; ils agissent d'autant mieux et plus énergiquement que la pulvérisation en a été plus complète.

C'est, parait-il, un coutelier de Solingen (Prusse rhénane) qui eut l'idée, en 1802, d'appliquer à la fumure des terres les débris d'os provenant de ses ateliers. En France, on emploie surtout ces engrais en Auvergne. Mais c'est surtout en Angleterre qu'on les utilise sur une vaste échelle. Les Anglais ont été chercher des os, pour les besoins de leurs cultures, dans toutes les parties du monde, jusque dans l'Inde. Ils ont exploité les champs de bataille de toute l'Europe et ont transporté chez eux, d'immenses cargaisons d'ossements humains et d'animaux. La ville de Lincoln s'occupe spécialement de la pulvérisation de ces matières. Ce singulier article de commerce a une importance considérable depuis 1820. Il

y a tel fermier anglais qui achète chaque année pour 15.000 à 20.000 francs de cet engrais et supplée ainsi à l'insuffisance des fumiers ordinaires.

Os dégélatinés. — Les fabriques de gélatine livrent à l'agriculture des résidus d'os, qui sont traités dans des chaudières autoclaves munies de faux-fonds perforés, par la vapeur à une pression de deux ou trois atmosphères, c'est-à-dire de 120 à 135 degrés. On fait écouler la gélatine qui en raison de sa forte coloration ne peut servir qu'à la préparation de la colle. Les os, retirés de l'appareil, sont séchés et sont broyés à la meule horizontale. Toutefois ces os sont moins riches en azote que les os verts.

Il est parfaitement établi que les os frais cèdent en quatre ans, lorsqu'ils ont été dégraissés par l'eau bouillante, 20 à 30 p. 100 de leur poids, tandis que les os secs ne cèdent que 4 %.

Cependant, par ce fait même que les os sont relativement peu employés comme engrais, on n'est pas absolument fixé sur la plus ou moins grande efficacité de ceux-ci ou de ceux-là ; le peu d'importance dont ces matières ont joui jusqu'à présent, les expériences trop rares auxquelles on les a soumises, n'ont pas suffi pour établir une opinion définitive.

Les os broyés sont généralement employés à la dose de 800 à 1200 kilogrammes par hectare. Leur effet se prolonge pendant trois et même six ans ; cependant, c'est surtout pendant la première année que leur effet est bien marqué. En Angleterre, c'est surtout sur les turneps et les navets que ces engrais sont employés, on les répand avec la graine et par le même semoir.

Enfin, on utilise une grande quantité de poudre d'os

dans la fabrication des superphosphates, dits superphosphates d'os. (1)

Cendres d'os. — Les cendres d'os proviennent des plaines de l'Amérique du sud où, à défaut d'autres combustibles, on utilise les os des animaux.

Il en arrive tous les ans d'énormes quantités en Angleterre. Un échantillon de ces cendres, analysé par Vœlcker, a donné la composition suivante :

Eau	15 34
Matière organique	2.03
Phosphate de chaux tribasique	70.46
Chaux non combinée à l'acide phosphorique	1 92
Sable siliceux insoluble	6 51
Magnésie	1.48
Acide carbonique	0.84
— sulfurique	0 37
Oxyde de fer et alumine	0.21
Alcalis	0.84
	100.00

Mais très-souvent la teneur en phosphate, est bien inférieure par suite des impuretés telles que terre et sable qui s'y rencontrent toujours.

Noir animal. — Le noir animal, employé comme engrais, est le résidu obtenu après décoloration des jus sucrés dans les sucreries et les raffineries.

Les os dégraissés et concassés sont placés dans des marmites en fonte que l'on superpose dans un four à reverbère et que l'on chauffe au rouge. Après refroidissement, le noir d'os obtenu par cette carbonisation en vases clos, est broyé, puis blûté ; il est alors livré au commerce, soit en poudre fine pour la clarification

(1) Voy. 6e partie, art. *Superphosphates*.

des sirops de sucre, soit en grains pour leur filtration.

Le noir fin est employé en raffinerie pour la clarification des sirops, en même temps que du sang défibriné. A l'ébullition, l'albumine est coagulée ; le caillot, divisé par le noir, forme une masse fendillée qui après lavage est employée comme engrais.

Il va sans dire que la composition de cette substance doit être très-variable suivant que l'on a employé pour la clarification plus de sang ou plus de noir animal.

Voici la composition de deux de ces noirs, résidus de clarification des sirops de sucre :

Les premiers chiffres (I) s'appliquent à un des échantillons communs, les seconds (II) proviennent d'un noir déféqué avec un excès de sang. Le premier est surtout un engrais phosphaté, le second est plutôt un engrais phosphaté azoté.

	I	II
Charbon et matière organique	19 5	45 02
Phosphate de chaux	73.1	44.00
Sels solubles	1.6	2.00
Silice	5.0	5 00
Carbonate de chaux	7.0	2.80
Alumine et oxyde de fer	0.90	1.00
Azote, pour 100	1.95	3.60

Sous le nom de *noirs de lavage*, on trouve dans le commerce du noir contenant de 40 à 50 p. 100 de phosphate de chaux et provenant du lavage des noirs en grains revivifiés.

On emploie surtout le noir animal dans les terrains acides; il est appliqué à la dose de 4 à 10 hectolitres par hectare. L'action du noir ne dure qu'une année.

Le sang employé comme engrais.

Lorsque dans une ferme, on dispose d'une certaine quantité de sang, insuffisante toutefois pour être convertie en engrais spécial, on peut la faire absorber par des terres sèches ou des poussières de charbon mélangées de chaux, ces mélanges terreux sont ensuite répandus sur le sol.

Sang desséché. — Dans les fabriques d'engrais, on dessèche le sang des abattoirs, en le coagulant par la vapeur dans de grandes chaudières, puis on le soumet à une pression énergique pour lui enlever l'eau restante. On obtient ainsi un engrais concentré, pulvérulent, brun ou noirâtre, dégageant une odeur repoussante, mais dont les propriétés fertilisantes sont manifestes. Cet engrais, tel qu'on le trouve dans le commerce, dose de 10 à 12 p. 100 d'azote.

On applique le sang desséché à la dose de 50 à 150 kilogr. par hectare, au printemps, avant les pluies, son action est très-rapide.

Chair musculaire.

Lorsque dans une ferme un animal vient à périr, il faut se bien garder d'enterrer le cadavre, on immobiliserait ainsi des quantités considérables d'azote et d'acide phosphorique. On opérera de préférence de la manière suivante : Les cadavres étant dépouillés on les découpe, on jette les morceaux dans une fosse et on saupoudre avec de la chaux vive et du terreau. On fait ainsi des lits alternatifs ; six semaines après on ouvre la fosse, on retire les os et les autres débris cornés, on rajoute de la chaux et du terreau, puis quelques jours après on fait un mélange bien homo-

gène qu'on sépare en petits tas qui sont laissés à l'air pendant quelques semaines. On obtient ainsi une masse pulvérulente terreuse qu'on applique à la dose de 150 à 300 kilogrammes par hectare. Cet engrais est d'une action très-rapide.

PROCÉDÉ AIMÉ GIRARD. — En 1883, M. Aimé Girard, professeur de Chimie industrielle au Conservatoire des Arts et Métiers, a fait connaître qu'on peut dissoudre totalement les cadavres des animaux morts de maladies contagieuses, en les immergeant à froid, sans chauffage, au besoin sans dépeçage, sans manipulation, dans l'acide sulfurique de concentration moyenne, marquant 60° Baumé, et qu'on peut utiliser ensuite l'acide renfermant la matière organique en dissolution, pour la fabrication des superphosphates de chaux. On obtient ainsi des superphosphates azotés très-fertilisants.

Un mouton, plongé ainsi dans l'acide sulfurique, disparaît en l'espace de vingt-quatre à quarante-huit heures : chair, sang, viscères, os, même la laine, tout se dissout. On ne retrouve plus aucun corps solide, à l'exception des cornes, des onglons et des dents qui ne sont dissous qu'au bout de quelques jours. Le liquide prend une coloration brun-foncé, dégage une odeur forte ; à la surface nage la graisse que la réaction naturelle a amenée à l'état de fusion. La quantité de matière animale que l'acide peut dissoudre est assez considérable ; elle atteint et peut même dépasser les deux tiers du poids de l'acide employé. Il y a donc là un procédé d'utilisation des cadavres morts de maladies contagieuses, que l'on peut mettre en pratique, tant dans les clos d'équarrissage, que dans les exploitations agricoles. C'est une opé-

ration excellente, aussi bien sous le rapport de la salubrité publique, que pour la production d'engrais à bon marché.

Engrais de poissons.

Dans la préparation industrielle des poissons conservés, tels que morues, harengs, sardines, etc., on obtient des résidus qui, à l'état sec, renferment de 10 à 14 p. 100 d'azote, une notable quantité de phosphates et de sels alcalins.

Ces engrais sont très-employés dans les contrées voisines de la mer. Cependant à cause de l'huile renfermée dans ces débris, leur emploi en nature n'est guère à conseiller; il est préférable d'ajouter à la masse, un tiers de chaux vive et de laisser ce mélange exposé à l'air pendant quelques semaines, en ayant soin de remuer de temps à autre.

A Dieppe, à Saint Valéry et à Fécamp, ces engrais sont très-employés sur les cultures maraîchères.

Guano de poissons. — Cependant, l'engrais de poissons le plus employé aujourd'hui est le guano de poisson de Norwège, fabriqué par MM. Jensen et C°. En Belgique il est très-communément appliqué sur diverses cultures. Ces poudres ont une action rapide et cependant persistante, leur richesse en azote varie entre 5 et 12 p. 100 et leur teneur en acide phosphorique dépasse souvent 15 p. 100.

C'est surtout sur les terres sablonneuses que cet engrais donne de bons résultats. On le répand en automne le plus souvent, surtout sur les céréales d'hiver. On l'applique à la dose de 400 à 600 kilogrammes par hectare.

Depuis 1889, la Belgique a reçu plus de 2.000.000 de kilogrammes de cet engrais. Les cultivateurs de la Saxe en consomment annuellement 4.000.000 de kilogr. qu'ils appliquent surtout sur la betterave.

Cet engrais réussit également très-bien sur le tabac, la pomme de terre et les prairies. C'est donc une excellente matière fertilisante, encore trop peu employée en France.

CHAPITRE II

LE GUANO

Origine et mode de formation du guano.

Le guano est un engrais animal, formé d'excréments d'oiseaux, de débris de plumes, de nids, etc., qui se sont accumulés depuis des siècles sur certains points du globe. C'est surtout sur la côte du Pérou que ces dépôts sont abondants. Avant la conquête, les indigènes utilisaient déjà cet engrais qu'ils nommaient *huano*, dont par corruption nous avons fait *guano*.

Cependant, il existe d'autres dépôts sur les côtes de Bolivie, du Mexique, des Antilles et en Australie. Au Pérou, c'est surtout dans les îles Patillor, Lobos et Chinchas que les dépôts sont les plus importants. C'est au voisinage de la mer qu'on rencontre les gisements. Des millions d'oiseaux marins, pélicans, frégates, cormorans, etc., désignés sous le nom général de *Guanaës*, leur ont donné naissance, et continuent encore à en déposer. Ces oiseaux sont très-voraces, ils se réunissent par bandes innombrables sur un même point et y laissent leurs déjections, auxquelles s'ajoutent les plumes, la chair et les os des individus qui périssent, les débris de poissons dont les oiseaux font leur nourriture, et une foule d'autres débris charriés par la mer, car c'est dans les endroits découverts que les guanaës déposent leurs excréments, là où il ne pleut que très-rarement. Ces dépôts se dessèchent

partiellement, s'accumulent, se concentrent et s'étagent souvent à des épaisseurs de plus de 20 mètres.

Le baron Alexandre de Humboldt avait visité les îles Chinchas et avait signalé le guano sans en indiquer l'utilité. C'est un français, Charles Barroilhel, qui le premier attira l'attention sur ce point. Il eut néanmoins beaucoup de peine à décider des capitaines de navires à en recevoir quelques sacs que leur odeur fétide faisait repousser. Enfin, il parvint peu à peu à vaincre l'inertie de tous et bientôt le guano, naguère délaissé, fut l'objet d'un immense commerce. L'utilité du guano n'a pas cessé de se manifester par les importations, celles par l'Angleterre se sont élevées, de 1849 à 1852, à 230.983 tonnes, et de 1853 à 1857, il y est entré 1.172.185 tonnes. Le même effet s'est produit en France.

Bientôt la demande devint excessive ; on essaya de fabriquer artificiellement du guano, mais sans pouvoir y parvenir, alors des navires se mirent à explorer le littoral de tous les continents du globe pour trouver d'autres gisements, c'est ainsi qu'on exploita les guanos de Patagonie, des côtes d'Afrique, etc.

Voici quelques chiffres qui montrent ce qu'était la consommation du guano en 1869 dans les différents pays :

Angleterre	178.000 tonnes.
France	90.000
Allemagne	78.000
Belgique	75.000
Espagne	36.400
Réunion	13.600
Hollande	8.000
Italie	6.000
Cuba. Porto-Rico	4,000

COMPOSITION CHIMIQUE DU GUANO. — Les premières notions sur la composition du guano sont dues à Fourcroy et Vauquelin ; dans un échantillon rapporté par de Humboldt des îles Chincha, ils ont trouvé (1) :

1° De l'acide urique, en partie saturé par de l'ammoniaque et par de la chaux ;

2° De l'acide oxalique combiné à de l'ammoniaque et à de la potasse ;

3° De l'acide phosphorique uni aux mêmes bases et à la chaux ;

4° De petites quantités de sulfate de potasse, de chlorure de potassium et de chlorhydrate d'ammoniaque ;

5° Un peu de matière grasse ;

6° Du sable, en partie quartzeux, en partie ferrugineux.

Plus tard, M. Chevreul a repris ces travaux et a soumis ce guano à une étude chimique très complète (2).

Nous donnons ci-joint un certain nombre d'analyses de guanos :

	Blanco.	Chincha.	Lobos.	Los Patos.	Bolivie.
Matières organiques	70.21	52.52	36.10	32 45	23.00
Phosphate de chaux	5.75	19.52	29.30	27.55	41 78
Acide phosphorique	3.48	3.12	3.71	3.37	3.17
Sels alcalins	9.35	7.56	11.54	7.38	11.71
Silice	3.55	1.66	2.55	2.55	7.34
Eau	7.64	15.62	16.80	26.80	13.00
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Phosphate de chaux soluble.	7.55	6.76	8.03	7.30	7.20
Phosphate de chaux insoluble	5.75	19.52	29.30	27.45	41.78
Phosphate total	13 30	26.28	37.33	34.75	48 98
Azote dosé	20.09	15.29	10.80	5.92	3.38
Ammoniaque correspond...	24.39	18.56	13.11	7.19	4.10

(1) *Annales de chimie*, t. LVI,

(2) Comptes rendus de l'Académie des sciences de 1873 et 1874.

Comme on le voit, le guano est un engrais riche et concentré, à action très-rapide.

Guano ammoniacal et guano terreux. — On peut voir néanmoins par l'examen des chiffres qui précèdent qu'il y a deux variétés de guano bien distinctes.

1° Les guanos riches en azote et pauvres en phosphates, ce sont les *guanos ammoniacaux*, ceux des îles Chincha, de Blanco etc., appartiennent à ce groupe;

2° Les Guanos pauvres en azote et riches en phosphates, ce sont les guanos phosphatés ou *guanos terreux*.

Ces deux variétés ont très-probablement la même origine, et leur différence doit tenir aux conditions climatériques. Le guano terreux git en effet dans les régions exposées aux pluies tropicales, tandis que le guano ammoniacal se trouve (ou plutôt se trouvait, car ces gisements sont à peu près épuisés aujourd'hui) sur le littoral de la mer du sud où les pluies sont inconnues. Les premiers ont été pour ainsi dire lavés par les pluies et privés de leurs matières azotées solubles. Convertis en phosphates de chaux qui en raison de son insolubilité s'y est concentré, ces guanos à couleur jaunâtre ou rouge-chocolat, en poudre fine, sont répandus dans l'Afrique du sud, les îles caraïbes, etc.

Les guanos terreux ne renferment presque pas de sels de potasse et de très-faibles quantités de nitrates. Ceux du Pérou au contraire contiennent toujours des nitrates qui ajoutent singulièrement à leur valeur fertilisante, c'est ainsi qu'on a dosé les quantités suivantes d'acide nitrique, exprimé en nitrate de potasse, dans 1000 grammes de divers guanos:

Pérou	4. 70
Chincha	3. 80
— (après plusieurs années de contact avec l'air)	1. 10
Blanco (Pérou)	2. 75
Ile Jarvis	5.

Emploi agricole du guano.

Les anciens gisements de guanos péruviens à 15 et 18 pour 100 d'azote, sont actuellement épuisés, ceux qui sont exploités de nos jours sont plutôt phosphatés, ils viennent principalement de Pabellon, de Lobas, de Bolivie, etc.

Doses et épandage — De tous les engrais pulvérulents, le guano est, parmi les engrais organiques, le plus actif, et celui dont l'emploi est le plus commode, à cause de son peu de volume, qui permet d'en transporter sur les champs la quantité nécessaire, avec une grande économie de temps et de main d'œuvre ; mais aussi par cela même sa répartition uniforme n'est pas facile, car en règle générale, moins le volume des engrais est considérable, plus il est difficile de les répandre dans des proportions uniformes.

Le guano réussit la plupart du temps très-bien sur les céréales, les légumineuses, colza, betteraves, pommes de terre, etc., ainsi que sur les prairies naturelles.

Suivant sa richesse, on l'applique à la dose de 200 à 500 kilogrammes par hectare. L'épandage se fait au printemps, cependant les guanos-terreux seraient plus avantageusement appliqués au milieu de l'hiver.

Falsifications du guano. — Aucun engrais n'a été autant falsifié que le guano. Le prix élevé qu'ont atteint et qu'atteignent encore les guanos de bonne qua-

lité ont porté les fraudeurs à y ajouter de la terre, du sable, des cendres, du plâtre, etc. L'analyse chimique est un moyen sûr de reconnaître ces falsifications. D'ailleurs on ne saurait trop recommander aux agriculteurs de refuser tous les guanos dont le titrage n'est pas garanti sur facture.

Néanmoins et comme le recommande M. E. Menault, inspecteur général de l'agriculture (1), le cultivateur, s'il ne peut s'adresser directement aux agents du gouvernement péruvien à Nantes, au Havre, à Bordeaux, à Dunkerque ou à Marseille, doit regarder avec la plus grande attention le plomb au moyen duquel le sac est scellé. Ce plomb doit être intact et porter la désignation ci-dessous :

La lettre H indique le port d'arrivée : H, le Havre. N. Nantes, B, Bordeaux.

Quelquefois le guano a été mouillé par l'eau de mer ; on dit alors qu'il est avarié, quoique souvent il soit très-bon. Les sacs de guano avarié ont une bande bleue destinée à attirer l'attention du consommateur. Le plomb porte la mention *avarié*. Autrefois, les marchands d'engrais achetaient ces guanos à bas prix, les faisaient sécher et les revendaient comme guano pur.

Aujourd'hui le prix du guano varie, suivant sa richesse en azote et en acide phosphorique entre 18 et 25 francs les 100 kilogrammes.

Guano de Chauves-souris.

La diminution des guanos du Pérou a fait recher-

(1) E. Menault, *les Engrais*, Paris, Hachette et C[ie].

cher, dans différentes régions du globe, des agents de fertilisation analogues.

D'entreprenants industriels ont songé dans ces derniers temps à tirer parti du guano de chauves-souris, amoncellements des excréments de diverses espèces de cheiroptères qu'on rencontre en grandes quantités dans les cavernes fréquentées par ces animaux dans l'archipel indien, dans certaines îles de la mer des Antilles, dans les Etats du Sud de l'Amérique et ailleurs. Ce guano, sans avoir toutes les qualités de celui des îles Chinchas et Lobos, n'en serait pas moins un très-utile fertilisant du sol. Des cavernes de quelques-unes des Lucayes recèlent des centaines de miliers de tonnes de ce dépôt, aussi bien que de nombreuses cavernes répandues de la Virginie au Texas. On n'a pas estimé à moins de 100 millions de francs le guano des cavernes des Etats du Sud. Le guano de chauves-souris, quoique moins bon que celui des oiseaux de mer, a encore une très réelle valeur. Le commissaire américain de l'agriculture a parlé en termes favorables des échantillons de ces guanos du Texas. Il estime cet engrais à un prix de 15 à 80 dollars (soit 78 à 420 francs) la tonne, et il lui donne la préférence sur le guano de poisson comme fertilisant. Il existe plusieurs cavernes contenant de ce guano, au Texas, dans la proportion de 15.000 à 20.000 tonnes chacune. Quant aux chauves-souris, elles y sont littéralement innombrables. Le document qui nous renseigne rapporte qu'un voyageur, qui accompagnait récemment le général Ord dans une caverne située près de la petite ville de Selma, évaluait à des dizaines de millions les chauves-souris qui s'y trouvaient. C'est là, sans doute, un

calcul fait un peu à l'américaine. Dans tous les cas, lorsque ce monde ailé sort de sa retraite, l'on en est, paraît-il, obscurci comme par un nuage de fumée.

Guano dissous.

Le guano traité par l'acide sulfurique, dans le but de le rendre plus homogène en transformant les carbonates en sulfate de chaux, donnant une certaine dureté à la masse, constitue le guano dissous.

Cette opération présente en outre l'avantage de transformer en phosphate soluble, le phosphate insoluble du guano naturel.

Ce guano dissous que l'agriculture emploie surtout depuis 1874 est aujourd'hui très apprécié.

Ce produit se présente sous forme d'une poudre rougeâtre, très-homogène, à faible odeur, on l'emploie à peu près comme le guano naturel.

CHAPITRE III

DÉJECTIONS ANIMALES

Excréments solides et liquides.

Les animaux de la ferme absorbent des matières végétales, des fourrages, dont les principes utiles, azotés, phosphatés, potassiques, etc., sont transformés dans l'organisme, soit en viande, soit en lait, soit en force musculaire. Mais les animaux n'assimilent pas tout, ils rejettent une grande partie des principes utiles par leurs excréments ; on comprend donc que les déjections des animaux soient des matières fertilisantes précieuses, d'autant plus que les éléments utiles qui s'y trouvent, sont sous une forme chimique très-simple.

La plupart du temps, les excréments solides et liquides des animaux de la ferme sont recueillis par des matières absorbantes ou litières, et constituent ainsi la masse des fumiers, mais dans quelques cas particuliers, ces déjections peuvent être employées sans adjonction de litière, et déposées directement sur les champs qu'elles doivent fertiliser. Ceci a lieu notamment dans l'opération du parcage.

PARCAGE. — Le parcage a donc pour objet de déposer directement les excréments sur la terre ; ce terme s'applique au laps de temps que passe un troupeau dans une enceinte découverte. Ici, pas de transports, ni de charrois onéreux, les animaux déposent

eux-mêmes leurs excréments sur la partie de terrain où on les a confinés.

Le parcage est surtout en usage pour les moutons.

Avant de commencer à parquer une pièce de terre, on doit la labourer deux fois, afin de la mettre en état de recevoir les urines et la fiente des animaux. On proportionne l'étendue du parc au nombre de bêtes, à leur taille, à leur nourriture plus ou moins âqueuse, et à l'état plus ou moins amendé du sol. On se base sur ce principe qu'un mouton de taille moyenne peut fumer, pendant une nuit, une surface d'un mètre carré. Dans le pays de Bray, fait remarquer M. J. Girardin (1), on estime que 100 moutons fument, en moyenne par nuit, un are 60 centiares, ce qui fait à peu près 1 mètre 2/3 par mouton.

Il n'est pas avantageux de parquer avec moins de 300 bêtes, ou sur un champ peu étendu, parce que les frais sont proportionnellement trop élevés. D'un autre côté, il faut éviter les parcs trop grands, car la terre est très-inégalement fumée, les moutons, comme on sait, se rassemblant toujours les uns contre les autres, d'un côté de l'enceinte.

On regarde un champ comme très-fortement fumé, lorsque les moutons, ayant chacun un mètre carré de surface, restent pendant deux nuits au même endroit, et comme fortement fumé, lorsqu'ils n'y restent qu'une nuit. On n'agit ainsi que sur les terrains épuisés. La fumure est moyenne lorsque pendant la nuit on donne un *coup de parc*, c'est-à-dire qu'on change une fois de place ; dans ce cas, les effets du parc se font sentir pendant deux années. La fumure est faible lors-

(1) J. Girardin. — *Des fumiers et autres engrais animaux*.

qu'on donne deux coups de parc dans une nuit. Le résultat de cette dernière peut être évalué à environ 12 milliers de fumier par hectare.

Après le parcage on donne un labour superficiel pour enterrer les excréments.

COLOMBINE ET POULAITE. — Les fientes des pigeons et des poules sont aussi, le plus souvent, employées à titre exclusif.

Les excréments de pigeons ou *colombine* présentent d'après Anderson, la composition suivante, à l'état frais :

Eau	58,32
Matière organique	28,25
Phosphates	2,69
Sulfate de chaux	1,75
Sels alcalins	1,99
Sable	7,00

La teneur en azote varie entre 7 et 8.5 p. 100.

C'est là une richesse peu commune, qui excède de beaucoup celle des guanos actuellement employés, aussi faut-il éviter d'appliquer cet engrais à haute dose. Le mieux, d'ailleurs, est de le mélanger avec six ou huit fois son volume de terre ou de tourbe.

La fiente des poules ou poulaite ou encore pouline, est beaucoup moins active; l'auteur précédemment cité y a trouvé :

Substances organiques	19.26
Phosphates	13,79
Carbonate de chaux	25,58
Sels alcalins	3,37

La teneur en azote oscille entre 2 et 3 p. 100. Par contre les phosphates sont beaucoup plus abondants que dans la colombine.

Ces deux engrais sont généralement appliqués sur les cultures potagères ; cependant quelquefois on les utilise sur les céréales, surtout dans les terrains froids.

Purin et purinages.

Dans toutes les exploitations bien tenues on recueille dans des fosses ou citernes spéciales les urines des animaux, qui sont généralement émises en quantité trop considérable pour entrer intégralement dans la masse des fumiers. Ces urines, ainsi accumulées dans les fosses, constituent le *purin*, qu'il faut bien se garder de laisser perdre, car c'est la partie la plus riche des excréments.

On trouve dans le purin de 12 à 17 p. 1000 d'azote, toutefois sa richesse varie avec les animaux et avec le régime auquel ils sont soumis, celui du cheval est la plus riche, puis vient celui du mouton.

M. le Dr Eiden, directeur de la Station agricole de Pommeritz, a exécuté un grand nombre d'analyses de purins, desquelles il résulte :

1° Que le purin de l'hiver est plus concentré, plus riche, que celui de l'été ;

2° Qu'il n'est toutefois pas plus riche en matière azotée, mais plus riche en substances organiques non azotées et en cendres, et que celles-ci renferment davantage de potasse et d'acide phosphorique ;

3° Que l'acide hippurique de l'urine, tant en hiver qu'en été, est déjà complétement disparu dans le purin vieux de deux jours, de sorte que la plus grande partie de l'azote que le purin renferme, s'y trouve à l'état de carbonate d'ammoniaque volatil ;

4° Que la valeur fertilisante du purin est considé-

rable. Celle-ci réside surtout dans sa richesse en azote.

Le carbonate d'ammoniaque des purins, c'est-à-dire la partie éminemment utile, étant très-volatil, on ne saurait trop recommander d'ajouter dans les fosses à purin, des substances propres à fixer ce principe, on peut employer pour cela, pour un hectolitre de purin, soit :

40	grammes	de plâtre en poudre très-fine.
30	—	de sulfate de fer.
12	—	d'acide sulfurique.

On forme ainsi du sulfate d'ammoniaque qui est fixe.

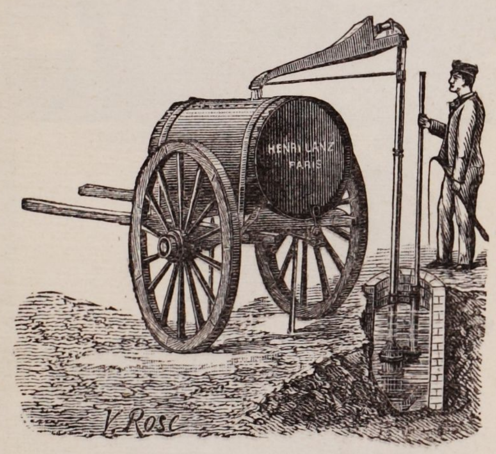


Fig. 27. — Tonneau à purin. (Henri Lanz).

Les purins sont employés sur les terres en arrosages qu'on exécute au moyen de tonneaux à purins. (fig. 27). Il en existe un grand nombre de systèmes; un des plus perfectionnés est celui de M. Th. Pilter, re-

présenté (fig. 27), dont la caisse en tôle est disposée de

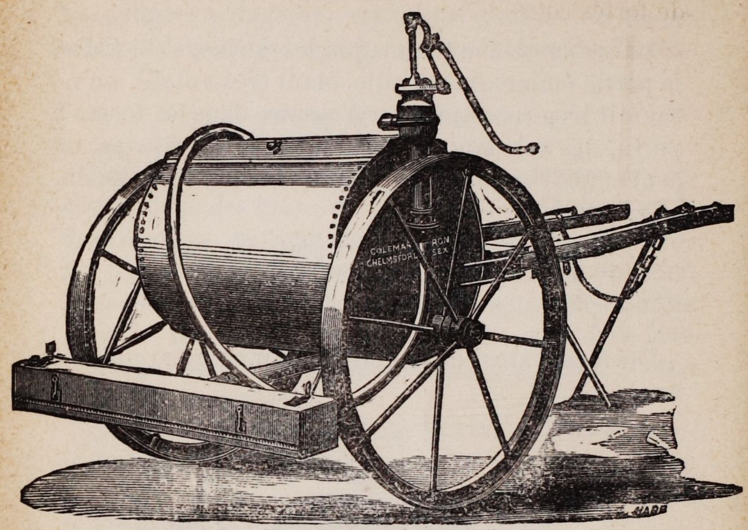


Fig. 28. — Tonneau à purin (Pilter).

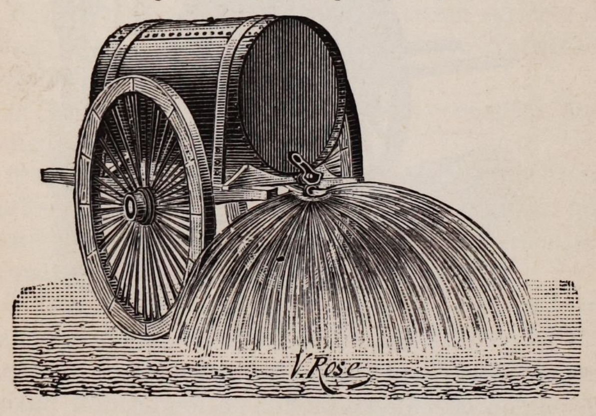


Fig. 29. — Tonneau à purin avec épandeur en fonction (Faul).

manière à ne jamais faire varier la charge, même dans

de fortes côtes, le poids du liquide portant toujours

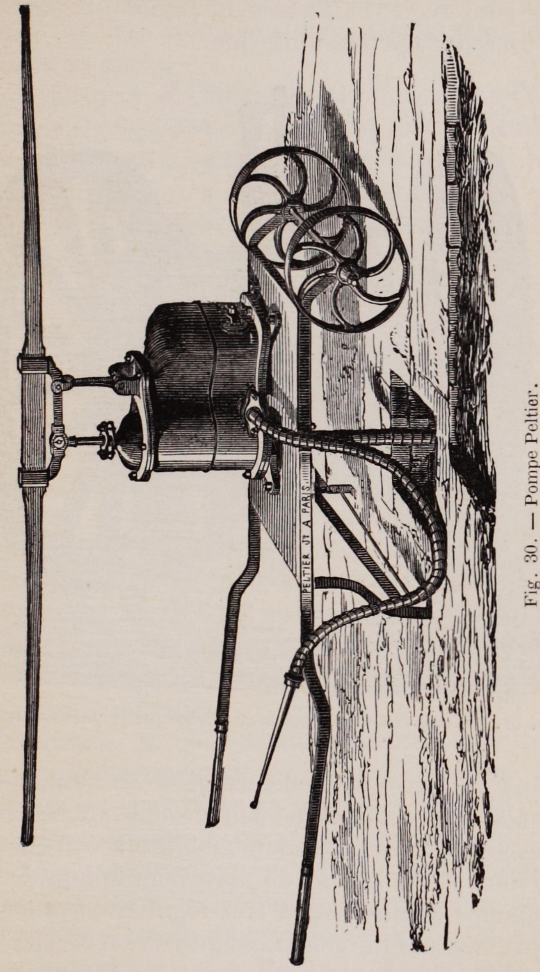


Fig. 30. — Pompe Peltier.

sur l'essieu. Une pompe d'aspiration, avec tuyaux en caoutchouc, s'y adapte à volonté pour rendre le rem-

plissage facile. En outre, un distributeur, muni d'une vanne pour régler l'affluence du liquide, permet de faire un épandage très-uniforme.

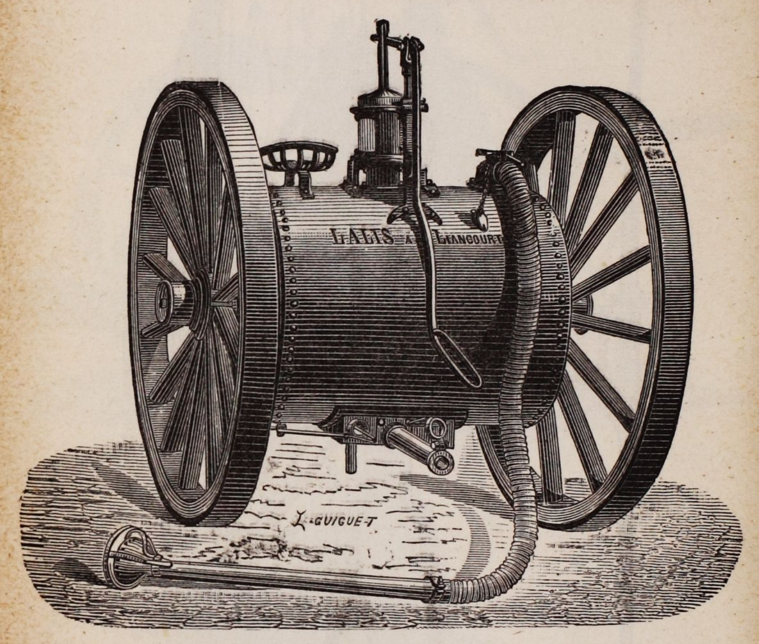


Fig. 31. — Tonneau à suspension centrale avec pompe pneumatique.

Dans un autre système, celui de M. Faul, le distributeur qui est quelque peu encombrant est remplacé par un robinet, épandeur mobile placé en dessous à l'arrière et qui permet de distribuer le liquide sur les champs en une nappe très-régulière, ayant plus de deux mètres de largeur. Les figures 27 et 29 représentent ce tonneau à purin avec épandeur en fonction.

Pour l'épandage du purin dans les jardins, sur les

pelouses et les gazons, on se sert souvent d'une pompe à main ; un des meilleurs systèmes est la pompe Peltier (fig. 30,) spécialement construite pour les arrosages au purin.

Le transport et l'épandage des purins et vidanges dans les champs présente souvent des difficultés, à cause de la mauvaise odeur de ces engrais, M. Lalis, à Liancourt (Oise), a construit deux tonneaux arroseurs qui suppriment en partie cet inconvénient.

Le premier (fig. 31) est à suspension centrale, avec pompe pneumatique perfectionnée, il permet d'opérer la vidange à distance des fosses.

Le second (fig. 32) est monté sur train ordinaire.

Les avantages de ces systèmes ont été reconnus par des gens du métier ; des entrepreneurs de Saint-Omer, de Rambouillet, de Lure, etc., se sont procurés les appareils Lalis, et après des expériences publiques, ont été autorisés à faire la vidange durant le jour dans ces villes, même sur la voie publique.

En Janvier 1889, la commission locale d'hygiène de Liancourt, après un examen attentif a constaté que les appareils fonctionnent parfaitement et ne laissent échapper aucune odeur pouvant nuire à la salubrité publique.

Désormais, les cultivateurs pourront donc durant le jour, sans un personnel spécial, (puisque deux hommes peuvent vidanger un mètre cube de matières en une dizaine de minutes), se procurer dans les villes qui avoisinent, un engrais puissant, sans grands frais, si toutefois ils n'obtiennent pas encore une certaine rémunération du propriétaire de l'immeuble où ils opéreront ; car si, à St-Omer, par exemple, la vidange des fosses se fait gratuitement, dans la plu-

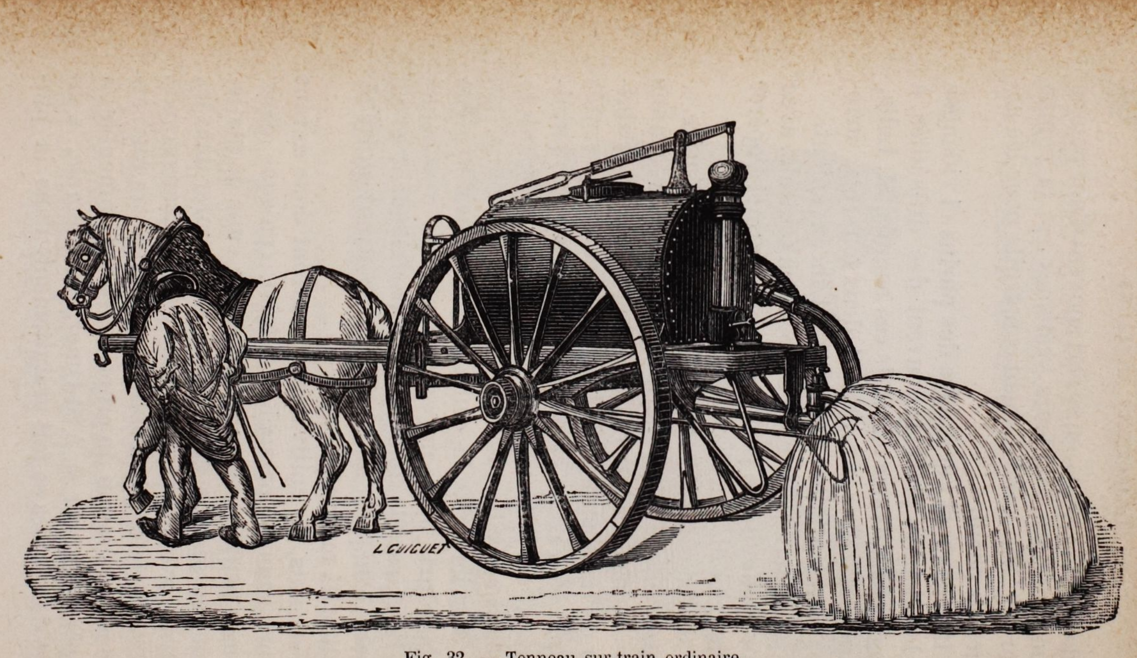


Fig. 32. — Tonneau sur train ordinaire.

part des autres villes, elle est encore payée plus ou moins cher.

Il y a bien pour le matériel une dépense première de quelques centaines de francs, mais elle est promptement couverte.

Cependant, il faut remarquer que dans l'emploi des purins pour que ceux-ci ne *brûlent* pas les plantes, on les étend d'environ deux à quatre fois leur volume d'eau.

Cet engrais réussit très-bien sur les sols légers, sablonneux et calcaires, sur les prairies il donne des résultats très-remarquables.

Emploi des excréments humains.

Le mélange des excréments solides et liquides des hommes constitue une matière fertilisante précieuse, qui peut être employé de deux manières :

1° A l'état frais, suivant la méthode flamande ;

2° A l'état sec ou de poudrette.

Engrais flamand. — Boussingault et Liebig ont constaté que chaque individu produit en moyenne, par jour, 750 grammes d'excréments, formés de :

625 grammes d'urine, et
125 — d'excréments solides.

dosant ensemble près de 3 p. 100 d'azote ; ce qui fait au bout de l'année 270 kilogrammes d'un engrais excessivement riche, qu'il importe de ne pas laisser perdre.

Dans les Flandres, aux environs de Lille notam-

ment, les fosses d'aisance sont parfaitement étanches, de façon à prévenir l'infiltration des urines et à maintenir les matières de vidange dans un état de fluidité complète.

Chaque cultivateur possède près de sa ferme ou sur le bord de son champ, situé près d'une route, une ou plusieurs citernes en briques ou bien des fosses creusées dans un sol argileux et recouvertes de planches (fig. 33). Ces fosses ont une capacité moyenne de 1000 à 1200 hectolitres. Chaque citerne présente deux ouvertures, l'une vers le milieu de la voûte, servant à introduire ou à retirer les matières fécales,

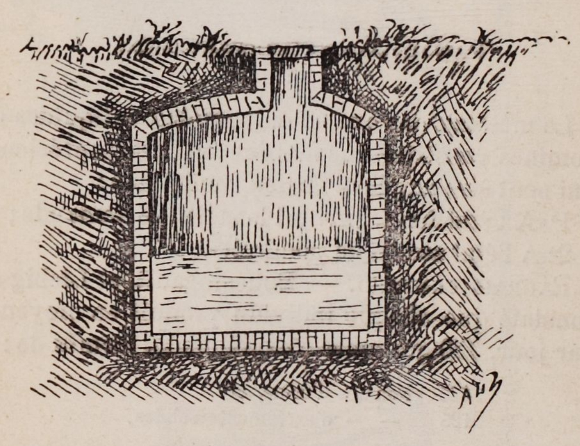


Fig. 33. — Citerne à engrais flamand.

l'autre sur l'une des parties latérales, généralement à l'exposition nord et destinée à donner accès à l'air.

Toutes les fois que le temps le permet, le cultivateur envoie à la ville ses *beignots*, sorte de haquets

particuliers au département du Nord chargés de tonneaux, pour en rapporter les vidanges. A mesure que les voitures arrivent, on vide les tonneaux dans les citernes et on attend que la fermentation se soit manifestée avant d'employer l'engrais, qui est alors un peu visqueux.

On ne vide jamais complétement les citernes, on y introduit de nouvelles matières au fur et à mesure de l'épandage, si les vidanges sont trop liquides, on y ajoute des tourteaux en fragments et on remue de temps à autre pour bien opérer le mélange. Lorsque l'engrais, qu'on appelle communément courte-graisse, est trop épais, on y ajoute de l'eau ou du purin.

Les cultivateurs achètent ces vidanges à raison de 30 ou 50 centimes l'hectolitre, suivant la quantité d'eau qu'on y a ajouté. A l'aréomètre Baumé, les vidanges normales, pas trop étendues, marquent 4 à 4° 5.

Il résulte des expériences de M. Corenwinder, et des traditions de la pratique agricole, que l'on peut attribuer approximativement à 10 hectolitres d'engrais flamand, pesant 4° B., une valeur comparable à celle de 100 kilog. de tourteaux de colza (1). Les cultivateurs prennent de préférence les tourteaux comme terme de comparaison, parce que ceux-ci sont moins variables dans leur composition que le fumier de ferme.

L'engrais flamand pur, sans addition d'eau, renferme :

Eau.....................	950.89
Matières solides............	49.11
	1000.00 gr.

(1) Corenwinder : *Rapport sur l'emploi de l'engrais flamand en agriculture dans l'arrondissement de Lille.*

Contenant :

Azote	8.888
Soins phosphate de chaux	6.857
Potasse	2.075

C'est principalement sur le lin, l'œillette, le tabac et la betterave, c'est-à-dire sur les cultures industrielles, que cet engrais est le plus communément appliqué.

La distribution se fait tantôt avec des tonneaux, tantôt avec des écopes ; dans ce dernier cas, l'engrais est d'abord déversé dans des baquets disposés sur le champ qu'on veut fertiliser.

La quantité à employer par hectare varie beaucoup ; sur les céréales au printemps, on ne dépasse pas 15 à 20 mètres cubes, crainte de la verse, tandis qu'on va à 50 et même 70 mètres cubes pour les betteraves fourragères. L'action de cet engrais est très-rapide, mais elle ne dure qu'une année.

Poudrette. — Les matières fécales, débarrassées de leurs parties liquides, et séchées, constituent la *poudrette*.

Voici comment on fabrique cet engrais; les vidanges sont amenées dans des établissements appelés *dépotoirs*, situés à peu de distance des grandes villes. Ce sont des bassins dans lesquels on déverse les matières, qui ne tardent pas à fermenter; il se forme ainsi trois couches :

1° A la surface, une mousse épaisse qu'on enlève pour la sécher ;

2° Au-dessous, une couche liquide, d'*eaux vannes* renfermant beaucoup de sels ammoniacaux ; ces eaux sont décantées dans plusieurs bassins successifs communiquant par des vannes; ces eaux sont

traitées par la distillation pour l'extraction du sulfate d'ammoniaque (Voy. VIe partie) ;

3° Enfin, un dépôt solide, qu'on enlève avec des dragues, et qui, après dessication, constitue la *poudrette*.

Dans cette manière de procéder, la poudrette obtenue a perdu à peu près la totalité des éléments solubles que renfermaient les déjections, et qui sont restés dans les eaux-vannes. Cette fabrication dégage des odeurs infectes d'ammoniaque et d'hydrogène sulfuré. Pendant la dessication des poudrettes, il se volatilise encore beaucoup d'ammoniaque. Aussi les poudrettes ainsi obtenues ne renferment-elles que de 1 à 2 p. 100 d'azote ; par contre, les phosphates, par leur insolubilité, échappent aux pertes ; aussi trouve t-on de 3 à 5 p. 100 d'acide phosphorique dans ces poudrettes.

Ce mode de fabrication constitue le système de Montfaucon.

En 1856, L. Chodzko a eu l'idée de séparer toutes les matières fixes contenues dans les eaux vannes en employant un bâtiment de graduation semblable à ceux qui servent a l'évaporation des eaux des salines d'une faible densité. Il commençait par désinfecter par l'addition d'une solution saturée de sulfate de fer et de magnésie ; puis il ajoutait du carbonate de potasse. C'est à ce moment qu'il faisait circuler les eaux ainsi désinfectées sur les fagots d'épines. Les matières fixes s'y déposaient par incrustation, et une fois sèches, on les détachait. La poudrette ainsi obtenue était notablement plus riche comme le montrent les analyses suivantes, exécutées par M. Lhôte :

	Poudrette à l'état normal.	
	de Bondy	de M. Chodzko
Matières organiques azotées	32.81	53.53
Ammoniaque toute formée..........	0.59	0.65
Acide azotique	0.30	traces
— phosphorique	4.18	4.48
— sulfurique..................	3.50	»
— carbonique	2.87	»
	0.36	»
Chlore...........................	2.15	»
Potasse et soude................	6.70	4.07
Chaux	2.72	»
Magnésie et oxyde de fer..........	13.62	»
Silice, sable, argile..................	30 20	4.50
Eau...............................	30.20	17.25
	100.00	100.00
Azote total..........................	1.52	4.20

La poudrette est beaucoup moins employée aujourd'hui qu'il y a quelques années. Cependant quelques agriculteurs en font encore usage lorsqu'ils la trouvent à un prix avantageux correspondant à sa teneur en principes utiles. Ils l'emploient alors à la dose de 20 ou 25 hectolitres à l'hectare. Son action ne dure qu'une année.

CINQUIÈME PARTIE

Les Engrais organiques mixtes et le Fumier de ferme

CHAPITRE I

LES ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS DU FUMIER

Excréments des animaux.

De tous les engrais organiques, c'est le fumier qui est le plus abondamment produit et le plus communément employé dans la fertilisation des terres.

C'est un engrais mixte, formé de substances animales (déjections) et de litières (pailles) qui participe à la fois des propriétés des substances fertilisantes animales et végétales.

Son importance agricole est considérable, et l'illustre chimiste Boussingault l'a énoncée dans cette simple phrase :

« On peut juger du degré d'intelligence et du sens pratique d'un cultivateur, par les soins qu'il donne à son tas de fumier. »

La composition du fumier, et par suite sa valeur fertilisante, varie beaucoup avec la nature des animaux qui le produisent, leur mode d'alimentation ; le genre et la quantité de litière, enfin le mode de préparation et de conservation.

Déjections solides. — La quantité de déjections rendues par les animaux de la ferme varie également avec le régime auquel ils sont soumis, cependant on peut admettre approximativement les chiffres suivants, pour vingt-quatre heures, pour les excréments solides :

Cheval	16 k.	
Vache	20	
Moutons	0	650
Porc	1	250

L'aspect physique de ces déjections solides varie, elles sont plus ou moins aqueuses, plus ou moins actives et aussi de composition chimique variables ; ainsi les fumiers produits par les chevaux, par exemple, n'ont-ils pas les mêmes propriétés que les fumiers de bovidés par exemple. La plupart du temps on les mélange tous, pour produire du *fumier mixte*. Cependant, dans quelques cas particuliers, surtout lorsqu'on cultive des terres de différentes natures, on fabrique quelquefois séparément du fumier de telle ou telle espèce. Nous y reviendrons un peu plus loin.

Pour le moment, voici, la composition *moyenne* des déjections solides des animaux de la ferme :

	CHEVAL	VACHE	PORC	MOUTON
Eau	75.31	90.60	84 00	57 60
Matières organiques	20.26	8.10	9.50	36.71
— minérales	4.04	1.13	6.50	5.68
Azote p. 100	0.55	0.22	0.70	0.72

Comme on le voit, ce sont les fientes de moutons qui contiennent le moins d'eau, mais qui renferment le plus d'azote; celles des bovidés, au contraire, sont très aqueuses et très pauvres en azote.

Déjections liquides. — Les déjections liquides sont beaucoup plus riches en azote, ce qui montre tout l'intérêt qu'il y a à les recueillir avec soin, non-seulement dans la masse des fumiers, mais encore dans les fosses à purin.

Les quantités émises sont également très variables, suivant le genre d'animaux et la nourriture plus ou moins aqueuse qu'ils reçoivent. On peut admettre en général, les quantités suivantes pour vingt-quatre heures :

Cheval..............................	4 k. 500
Vache	12 k. 500
Mouton	0 k. 500
Porc................................	3 k. 500

Quant à la composition chimique, plus encore que pour les déjections solides, elle varie avec le régime auquel les animaux sont soumis. Néanmoins les chiffres suivants sont des moyennes, qui peuvent s'appliquer dans la majorité des circonstances :

	CHEVAL	VACHE	PORC	MOUTON
Eau.................	91.08	92.13	97.92	86.30
Matières organiques.	5.58	5.22	1.05	8.10
— minérales..	3.33	2.65	1.03	2.60
Azote p, 100	1.48	0 98	0.23	1.30

C'est l'urine de cheval qui est la plus riche en azote, celle du mouton est la plus riche en matières solides de nature organique. Enfin, celle du porc est la plus aqueuse et la plus pauvre.

Les litières.

La distribution des litières n'a pas seulement en vue la production du fumier, elle vise encore, et surtout, le bien être et l'hygiène des animaux de travail ou de rente entretenus dans la ferme.

Aussi le choix de ces matières est-il très important puisqu'il vise un double but. Heureusement, sous ce rapport, l'agriculteur n'a que l'embarras du choix.

Litières de paille. — Une litière, quelle qu'elle soit, doit réunir trois conditions :

1° Constituer pour les animaux un coucher convenable ;

2° Avoir les propriétés absorbantes poussées au plus haut degré ;

3° Etre riches en azote et en matières minérales.

Les pailles de céréales, en raison de leur élasticité et de leur flexibilité réunissent parfaitement la première condition. De plus, leur texture tubulaire leur permet d'absorber très-facilement les liquides des étables et d'en retenir une quantité plus forte que toutes les autres matières; enfin, elles contiennent d'assez fortes quantités d'azote, moins cependant que les fanes des légumineuses, mais ces dernières n'ont pour ainsi dire que cette unique qualité, et constituent aux deux autres points de vue, des litières fort médiocres.

Autres litières. — Indépendamment des pailles

des céréales, on se sert quelquefois, comme litière, de fanes de colza, de féveroles, de pois, de pommes de terre, dans quelques pays même on emploie les bruyères, les fougères, les varechs, les feuilles mortes, et depuis quelques années la tourbe au sujet de laquelle on a fait beaucoup de bruit. Il en est de même de la sciure de bois et de la tannée.

Propriétés absorbantes des litières. — Nous donnons ci-dessous, d'après MM. A. Müntz et A. Ch. Girard (1), le pouvoir absorbant comparé des litières les plus souvent employées en agriculture :

	Nombre de litres d'eau absorbés par 100 k. (24 heures.)	Nombre de kgr. pouvant absorber la même quantité d'eau que 100 k. de paille de blé
Paille de blé	220	»
— d'orge	285	77
— d'avoine	228	96
— de pois	280	80
— de féveroles	230	67
— de colza	200	110
Tiges sèches de topinambour	210	105
Bruyère séchée à l'air	145	150
Fougère	212	100
Genêts	111	200
Mousses	250 à 300	80
Feuilles mortes	200	110
Aiguilles de conifères	150 à 200	125
Tourbe	500 à 700	40
Sciure de bois (pin)	420	50
— (peuplier)	435	50
Tannée	400 à 500	48
Terre végétale légère	50	440
Marne et calcaire	40	550
Sable quartzeux	25	880

(1) A. Müntz et A. Ch. Girard. *Les Engrais,* Paris 1889, t. I, p. 213.

Composition chimique des litières. — Comme nous l'avons déjà dit les fanes des légumineuses, des crucifères, etc., sont plus riches en azote et en principes minéraux que les pailles de céréales, mais par contre, elles sont très aqueuses et peu consistantes, et constituent un mauvais coucher.

Voici la richesse comparée des diverses litières pour 100 :

	Azote.	Ac. phosph.	Sels.
Paille de blé récente	0 24	0.22	3.518
— ancienne	0 49	0.21	2.793
— de seigle	0.17	0.15	5.241
— d'orge	0.23	0.20	5.734
— d'avoine	0.28	0.21	»
Balles de froment	0.85	0.57	3.873
Fanes de colza	0.75	0.30	5.101
— de vesces	0.10	0.28	3.203
— de sarrazin	0.48	0.28	3.121
— de fèves	0.20	0.22	3.899
— de lentilles	1.01	0.48	4.971
— de pois	1.79	0.40	»
— de haricots	0.10	»	»
— de pommes de terre	0.55	»	1.730
— d'œillette	0.95	»	»
Bruyère	1.00	0.18	3.61
Fougère	»	0.57	5.89
Tannée	0.69	»	6.48

Quantité de litière. — La quantité de litière à fournir aux animaux, varie avec le genre de ceux-ci, l'alimentation qu'ils reçoivent, la saison, et aussi le genre de fumier que l'on veut produire. Lorsqu'on veut avoir du fumier long et pailleux, pour les terres fortes par exemple, on met plus de litière que lorsqu'on veut produire du fumier court, applicable aux terres légères.

Dans la pratique on donne en général:

de 2 à 3 kgr. de paille litière, en 24 heures par cheval,
de 3 à 5 — — — — par bête bovine, dont les excréments sont plus aqueux.
de 750 à 1 kgr. de paille litière, en 24 heures par porc.

Quant aux moutons, on les laisse fort longtemps sur la même litière, leurs excréments étant très secs, celle-ci n'a pour objet que d'absorber les urines ; de temps à autre on ajoute de la paille sur la litière tassée qui reste sous leurs pieds dans les bergeries.

CHAPITRE II

TRAITEMENT DES FUMIERS

Formation des fumiers.

Les urines et les excréments solides en réagissant sur les litières forment le fumier. C'est surtout le carbonate d'ammoniaque des urines qui produit cette transformation.

Dans une accumulation de fumier, on peut assez facilement distinguer :

1° A la partie supérieure, une substance soluble dans l'eau, très azotée que M. Thénard a appelé *glucose azoté* ;

2° A la partie moyenne, une susbtance brune, insoluble dans l'eau, mais soluble dans les alcalis, c'est l'*acide fumique* ;

3° A la partie inférieure, une partie noire, entièrement décomposée, c'est le *beurre-noir*.

Le premier groupe de ces substances prend naissance au moment où les matières ammoniacales commencent à réagir sur les litières.

Dans le tas de fumier, toute la masse est en fermentation, il se dégage de l'eau,de l'acide carbonique. L'élévation de température qui en résulte, peut être très considérable, surtout dans les fumiers secs de mouton ou de cheval, un thermomètre y indique fréquemment jusqu'à 80°, chaleur qui est utilisée par les horticulteurs dans la confection des couches à

légumes. Mais cette élévation de température détermine la déperdition de doses très-importantes d'ammoniaque, qu'on peut éviter en grande partie en arrosant fréquemment le tas de fumier.

TRANSFORMATIONS PROGRESSIVES DU FUMIER. — A cette sorte de combustion succède une seconde fermentation, due à des infiniment petits ferments aérobies dont la découverte est due à M. Dehérain. Sous l'influence de ces bactéries, la substance végétale des litières se transforme peu à peu en *beurre noir*, sur lequel se fixe avec une certaine énergie l'ammoniaque qui se dégage, et aussi comme l'a démontré M. Gayon un carbure d'hydrogène, le gaz des marais ou grisou, éminemment inflammable. M. Gayon a pu, en un jour, au moyen de un mètre cube de fumier, obtenir 100 litres de ce gaz.

Le résultat de ces transformations successives est ce qu'on appelle le *fumier consommé*. Il est notablement plus riche en principes utiles que le fumier frais, ainsi que le montrent les chiffres suivants qui s'appliquent à des fumiers de vaches et moutons. (L'analyse se rapporte à 1000 kilogr.)

	Azote.	Acide phosph.	Potasse
Fumier de vache, frais	8 k. 1	4 k. 0	14 k.5
— — après 3 mois...	11 » 8	6 » 8	20 » 8
Fumier de mouton frais.........	6 » 5	6 » 2	17 » 1
— — après 6 mois...	9 » 2	10 » 7	22 » 8

Cette concentration des matières fertilisantes provient, à n'en pas douter, de la diminution de la masse totale, par suite de la volatilisation de l'eau et de l'acide carbonique. D'ailleurs le poids du fumier consommé n'est plus que les trois quarts du poids du fumier frais qui l'a fourni.

Enfin, dans le fumier consommé l'azote se trouve surtout à l'état ammoniacal et même nitrique, tandis que dans le fumier frais, il est sous forme organique.

Composition du fumier. — La composition du fumier est très-variable, suivant les animaux qui l'ont fourni, et aussi suivant la manière dont il a été traité et conservé. D'après Boussingault, elle varie dans les limites qui suivent :

Eau	de 58.00	à	83.00	p. 100
Azote	de 0.41	à	0.82	
Acide phosphorique	de 0.20	à	0.72	
Potasse	de 0.09	à	1.70	
Magnésie	de 0.13	à	0.37	
Chaux	de 0.27	à	0.92	
Soude	de 0.02	à	0.09	
Acide sulfurique	de 0.08	à	0.23	
Oxyde de fer et de manganèse	de 0 02	à	0.40	
Silice soluble (assimilable)	de 0.10	à	0.30	
Sable et argile	de 0.20	à	4.00	
Matières organiques totales	de 11.00	à	29.00	
Id. minérales totales	de 2.00	à	11.00	

Voici maintenant, d'après le même auteur (1), la composition moyenne des différentes sortes de fumiers :

FUMIER A L'ÉTAT ORDINAIRE SUR 1000 K.	CHEVAL	BŒUF ET VACHE	MOUTON	PORC	FUMIER MIXTE
Matière sèche	326	282	384	272	200
Eau	674	718	616	728	800

(1) Boussingault : *La fosse à fumier.*

FUMIER A L'ÉTAT SEC SUR 1000 K.	CHEVAL	BŒUF ET VACHE	MOUTON	PORC	FUMIER MIXTE
Matières organiques :					
Carbone, oxygène, hydrogène	873.64	887.10	877.45	831.30	866.20
Azote	25.00	18.81	21.46	28.97	20.00
Matières minérales :					
Acide phosphorique	7.13	7.11	5.29	7.64	9.70
Acide sulfurique	2.39	3.75	2.51	8.63	6.30
Chlore	2.30	2.65	2.35	3.29	1.90
Potasse	20.71	18.03	20.55	62.57	25.10
Soude	1.44	1.32	1.56	»	»
Chaux	16.28	14.84	17.29	6.57	27.50
Magnésie	7.89	7.39	7.32	8.63	11.60
Silice	42.00	38.06	43.31	41.41	212.60
Oxyde de fer et manganèse.	1.22	0.94	0.91	0.99	19.30

Comme on le voit, les divers fumiers ont des compositions et par suite des propriétés différentes. Les fumiers de cheval et de mouton sont encore appelés *fumiers chauds*, en raison de la faible quantité d'eau qu'ils renferment, ils conviennent surtout aux terres fortes et humides; ceux de bovidés et de porcs, appelés *fumiers froids*, conviennent plutôt aux terres sèches et légères.

Lorsqu'on a ainsi dans une exploitation deux natures de terres bien tranchées, il peut y avoir un avantage réel à faire deux sortes de fumiers.

Pertes de substances. — Pour prévenir les pertes de substances qui se produisent toujours lorsqu'on conserve le fumier, surtout pour éviter la volatilisation du carbonate d'ammoniaque, on a proposé d'ajou-

ter au fumier du plâtre ou du sulfate de fer qui fixent l'ammoniaque. Théoriquement c'est fort juste, mais il n'en est pas de même en pratique. Ces substances fixent bien le carbonate d'ammoniaque, mais elles entravent la fermentation, la *fabrication* du fumier, et par leur emploi on n'obtient plus qu'un mélange d'excréments et de litière, qui ne constitue pas du fumier.

Lorsque le fumier est bien soigné, bien arrosé, et surtout bien abrité, l'adjonction de ces substances n'est nullement nécessaire.

Conservation du fumier.

Le mieux serait d'appliquer le fumier sur les terres dès qu'il est produit, et tel qu'on le sort des écuries et des étables. Le fumier aurait alors tout le temps de se consommer dans le sol, la nitrification s'y produirait aussitôt et les déperditions seraient ainsi évitées.

Toutefois cette manière de faire n'est que bien rarement pratique et on est bien forcé de conserver cette substance jusqu'au moment où il est possible de l'utiliser.

La conservation du fumier peut se faire de trois façons :

1° Dans les fosses ;

2° Sur les plates-formes ;

3° Sous les animaux.

FOSSES A FUMIER. — On creuse une fosse de un à deux mètres de profondeur à la partie la plus basse, allant en plan incliné ; le fond est rendu imperméable par une couche de bêton ou de terre très argileuse. Cette fosse doit être située au nord, à proximité des écuries et des étables. On y accumule le fumier au fur et à mesure qu'il sort des habitations des animaux.

Dans les fosses (fig. 34), le fumier est en partie soustrait aux influences atmosphériques, la fermentation y est plus homogène, mais, par contre, la décomposition est assez irrégulière. Tandis qu'à la surface, le fumier commence à fermenter, dans le bas, il se trouve déjà à l'état de beurre noir ; cela tient sans doute à ce que les eaux pluviales, en s'accumulant dans le fond de la fosse, noient le fumier. Aussi est-il toujours utile, de ménager au fond de la fosse une ouverture, permettant au purin surabondant de s'écouler ; de plus, pour éviter que les eaux de pluie entrent dans la fosse, on entoure celle-ci d'un rebord peu élevé.

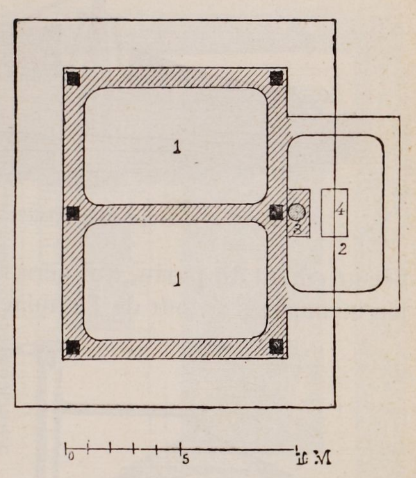


Fig. 34. — Plan d'une fosse à fumier.

Mais il y a un autre inconvénient : l'extraction du fumier des fosses et son chargement est pénible et de plus, le premier fumier chargé est beaucoup plus pailleux que celui du fond.

Plates-formes ou tas de fumier. — La plate-forme est d'une installation beaucoup plus économique. C'est tout simplement une aire sur laquelle on dépose le fumier au fur et à mesure qu'il est produit (fig. 35, 36, 37).

Cette aire doit être parfaitement étanche, soit pavée, soit fortement battue si le sol sur lequel elle est établie est argileux et imperméable. La surface de cette aire sera légèrement convexe de manière à faciliter

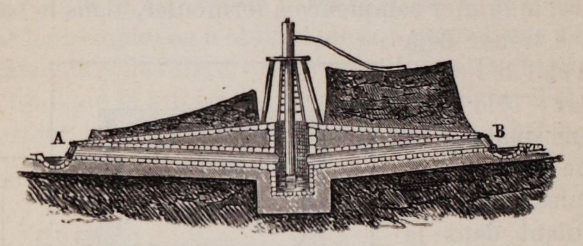


Fig. 35. — Coupe de la fumière de Grignon.

l'écoulement du purin, qui sera reçu dans des rigoles ménagères autour de l'emplacement. Ces rigoles

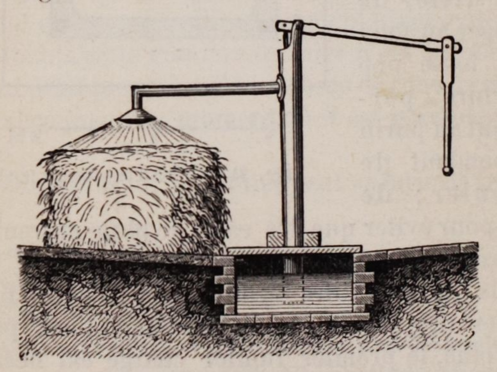


Fig. 36. — Fumière de Mathieu Dombasle.

conduiront le purin dans une citerne ménagée à cet effet, où on pourra facilement le reprendre.

La plate-forme doit, autant que possible, être exposée au nord, à seule fin de préserver le fumier de

l'ardeur du soleil ; il serait bon de joindre à cette précaution, comme le fait remarquer M. H. Blin (1), celle de planter des arbres qui, par leur ombrage, favoriseraient beaucoup la conservation de l'engrais. On choi-

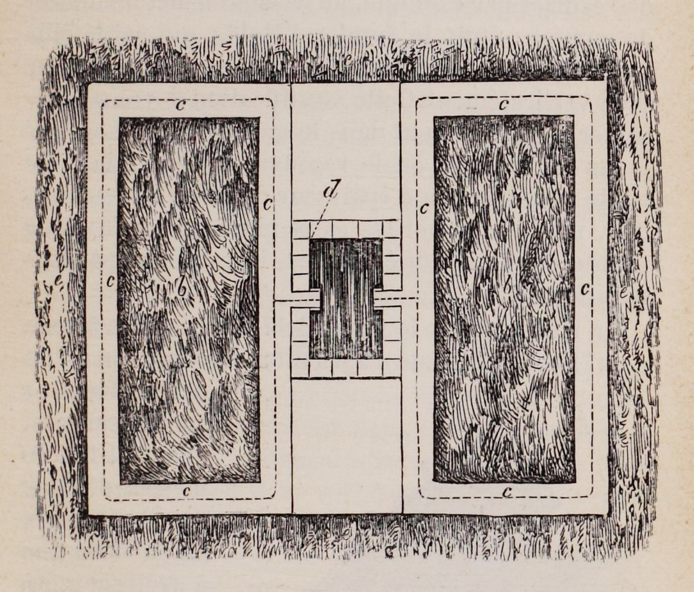


Fig. 37. — Plateforme avec fosse à fumier intermédiaire.
bb. Tas de fumier. *cccc* Caniveaux entourant des tas de fumier et amenant des liquides daus le fossé.

sira, bien entendu, pour cette destination, des essences résistant à l'action corosive du purin, par exemple les peupliers blancs ou gris, le marronnier d'Inde et le sycomore.

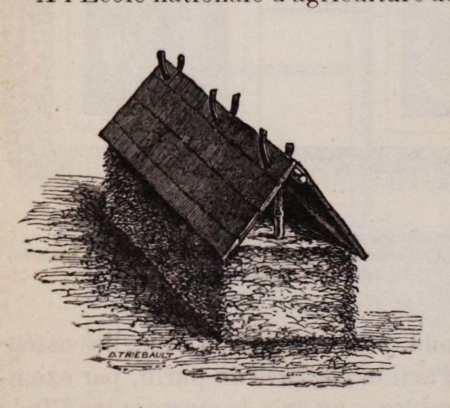
L'avantage des plates-formes est de donner un fu-

(1) H. Blin. *Le fumier de ferme*. 1890. Amiens.

mier beaucoup plus homogène que dans les fosses, la fermentation y est tout aussi régulière, quand on a la précaution de bien tasser les litières. On dépose d'abord une première couche de fumier chaud, celui des écuries par exemple, au dessus on met du fumier de mouton; enfin le fumier d'étable, qui est le plus pailleux, sert à faire les bords, qui doivent se dresser bien verticalement. Cette stratification devra se continuer régulièrement dans le même ordre. Lorsque le tas est terminé, on le recouvre de terre, de boue ou de gazon, sur une épaisseur de 20 ou 30 centimètres, pour empêcher les eaux pluviales de laver la masse, et aussi pour éviter les déperditions par évaporation.

On n'élève guère le tas au-delà de 2 mètres 50 cm.

A l'Ecole nationale d'agriculture de Grignon où les plates-formes sont classiques, elles ont 18 à 20 mètres de long sur 6 de large, on en élève une à droite et une à gauche de la fosse à purin, qui est munie d'une pompe pour arroser les tas (fig. 35).



Fig, 38. — Fumier couvert.

Cet arrosage est indispensable pour éviter les moisissures, surtout en été; on le pratique tous les cinq ou dix jours, suivant la saison, en faisant des trous dans les parois

de la asse, mobliquement, de dehors en dedans et de haut en bas avec des lances pointues.

Néanmoins il faut faire remarquer, que pour être avantageuses les plates-formes doivent être faites rapidement, il ne faut pas que la construction de l'une d'elle dure au-delà de un mois ou six semaines, autrement on a plus d'avantage à faire des fosses. Dans quelques fermes la plate-forme est recouverte d'une légère toiture destinée à éviter le lavage par les eaux de pluie, (fig. 38). Ce mode de conservation donne des fumiers homogènes, bien fermentés et faciles à charger sur les voitures.

Conservation du fumier sous les animaux. — La troisième méthode de conservation du fumier consiste à le laisser s'accumuler sous les pieds des animaux mêmes qui le produisent. C'est le système pratiqué par M. Decrombecque à Lens, et actuellement par M. E. Lecouteux dans sa ferme de Cerçay (Sologne); chez cet éminent agriculteur le fumier reste dans l'étable, d'où il ne sort que trois fois par mois pour être transporté dans les champs. L'emplacement où couche le bétail est en contre-bas de 40 cm. du couloir de service servant à la distribution des fourrages (1).

Ce système qui présente de sérieux avantages a l'inconvénient de n'être praticable qu'avec des bâtiments très-vastes et spécialement aménagés à cet effet.

(1) E Lecouteux. *Le fumier dans les étables.* (Journal d'agriculture pratique, 1890, tome II).

CHAPITRE III

APPLICATION DES FUMIERS

Quantité de fumier produite.

La quantité de fumier produite dans une exploitation peut être déterminée *à priori*.

Pour cela, étant connu le poids vif du bétail *nourri au maximum* dans une ferme où les animaux stationnent la plus grande partie du temps, on multiplie le poids vif du bétail par les coefficients qui suivent :

35 pour les bœufs.
30 pour les vaches et les porcs.
22 pour les moutons.
15 pour les chevaux.

Le produit obtenu indiquera la quantité *approximative* de fumier produite par année, car :

Un bœuf d'engrais donne par an :	3500 k.	de fumier	(100 × 35 = 3500).
Une vache	—	3000	—	(100 × 30 = 3000).
Un porc	—	3000	—	(100 × 30 = 3000).
Un mouton	—	2200	—	(100 × 22 = 2200).
Un cheval de trait	—	1500	—	(100 × 15 = 1500).
Un bœuf de trait	—	1500	—	(100 × 15 = 1500).

Si, au lieu du quintal de chair vivante, on introduit, dans le calcul, le poids vif de chaque animal, on trouve, d'après M. E. Lecouteux, les résultats consignés dans le tableau ci-joint :

BASES DE CALCUL			FUMIER PRODUIT PAR TÊTE	
Poids vif par tête	BESTIAUX	Multiplication	PAR AN	PAR JOUR
600 k	Bœuf d'engrais	35	21.000 k.	59 k.
500	Vache........	30	15.000	41
100	Porc..........	30	3.000	8
30	Mouton.......	22	660	1.8
500	Cheval de trait	15	7.500	20
600	Bœuf de trait.	15	9.000	24

POIDS DU MÈTRE CUBE DE FUMIER. — Le poids du mètre cube de fumier est très-variable, suivant son état de décomposition : Le fumier frais pèse, en moyenne, de 300 à 500 kilogrammes le mètre cube. Le fumier consommé (après 6 mois environ) atteint communément 700 à 800 kilogrammes.

Le fumier chargé du tas dans la voiture peut d'ailleurs doubler de volume; jeté ou répandu sur le sol, il occupe un espace trente ou quarante fois plus considérable.

EPANDAGE DU FUMIER. — Le transport du fumier s'effectue avec des charrettes ou des charriots ; mais quel que soit le véhicule dont on se sert, il est important, comme le recommande M. G. Heuzé, de bien coordonner le nombre des chargeurs et des voitures avec la distance que chaque attelage doit parcourir. Il est beaucoup plus économique de n'avoir qu'un attelage et deux voitures que deux attelages et deux charrettes, à moins que la distance à parcourir soit considérable. Quand le champ à fumer n'est pas très-éloigné du point où réside le fumier à transporter, il

arrive souvent, quand deux attelages sont chargés, d'effectuer les transports, ou qu'ils se rencontrent au tas, ou qu'ils arrivent au même moment sur le champ. Quand de tels faits ont lieu, le transport des fumiers se fait avec une très-grande lenteur, parce que celui ou ceux qui chargent ne sont plus en rapport avec la quantité de fumier qu'il faut placer instantanément dans les voitures afin que les attelages soient constamment en travail, et qu'ils ne restent pas longtemps inactifs. Dans ce travail, il faut donc éviter que deux voitures soient en même temps en chargement ou en déchargement.

Dose des fumures. — On considère généralement comme une *très-forte fumure*, celle qui dépasse 60.000 kgr. à l'hectare. Une forte fumure, celle qui dépasse 50.000 kgr. Une bonne fumure atteint en moyenne 40.000 kgr. par hectare. Une fumure ordinaire est de 30.000 k. de fumier par hectare, au-dessous ce sont de faibles fumures. A 15.000 k. c'est une demi-fumure.

Epoque des fumures.

L'époque des fumures varie nécessairement avec la rotation adoptée; pour la plupart des cultures le fumier est enfoui en automne. Il a ainsi tout le temps de se décomposer dans le sol pendant l'hiver.

Le fumier est disposé dans les champs, en tas ou *fumerons*, régulièrement espacés à 7 mètres en tous sens, ce qui permet un épandage uniforme à la fourche.

Dans quelques pays, on a l'habitude de laisser ces fumerons plus ou moins longtemps en place avant de les étendre et d'enfouir le fumier. C'est là une mauvaise pratique, car le fumier étant lavé par les

eaux pluviales, la plus grande partie de ses principes fertilisants s'infiltre dans le sol, à l'endroit même où se trouve le fumeron ; de là des différences de fertilité dans les terres, qu'il faut toujours éviter.

Peu de temps après le transport du fumier sur le champ, on doit le répandre. Pour cela, un homme armé d'une fourche, lance le fumier à 3 ou 4 mètres ; c'est pour cela que la distance entre les fumerons ne doit pas dépasser 7 mètres.

On donne ensuite un ou plusieurs labours pour incorporer le fumier à la masse de la terre.

D'une façon générale, le fumier ne doit pas être trop profondément enfoui. Néanmoins, on doit fumer plus profondément les plantes à racines pivotantes, comme la carotte, la betterave, la chicorée, que les plantes à racines traçantes, telles que les céréales.

Durée d'action du fumier. — On ne sait encore rien de bien positif sur la durée d'action du fumier de ferme. Cependant, les causes qui agissent sur cette durée, sont, d'après M. Lefour :

1° La nature du fumier lui-même ; plus il est riche en principes ammoniacaux, plus il est soluble, plus sa fermentation est avancée, plus il est divisé et plus promptement il se dissipe. Cependant, s'il est riche en sels peu solubles, il peut agir longtemps encore par ses substances ;

2° La nature du sol ; le fumier dure plus longtemps dans les argiles que dans les sables, mais il agit moins vite, et les argiles en absorbent davantage d'abord sans en manifester les effets ; il se conserve dans une terre froide, mais a peu d'action, il disparaît promptement dans la craie, mais il y laisse des principes dont on reconnaît longtemps l'action ;

3° La température; la chaleur, l'eau, le soleil, activent la décomposition du fumier; un excès de sècheresse l'arrête cependant;

4° Les plantes; elles épuisent les fumiers dans différentes proportions ;

5° Les cultures et les façons; une culture active met le fumier plus à portée des plantes et, accroissant leur force végétative, accélère la dissolution de l'engrais. Quant au retour du fumier sur le même champ, il dépend de causes très-diverses. Ici on fume tous les ans, ailleurs tous les deux, trois, quatre, cinq ans.

Engrais organiques mixtes autres que le fumier.

Les autres matières fertilisantes animales et végétales ont beaucoup moins d'importance, cependant quelques-unes sont assez couramment employées dans les fermes.

Composts. — Sous le nom de composts, on désigne un mélange de substances diverses, déchets de toutes sortes obtenues en quantités trop minimes pour être employés seuls, avec des matières terreuses, mélange qu'on abandonne à lui-même jusqu'à ce qu'il soit transformé en une sorte de terreau homogène.

On prépare généralement les composts sur de petites plates-formes; on y accumule tout ce qui n'a pas d'emploi direct, curures de fossés, balayures, plumes, crins, gazon, cendre, suie, débris de démolition, épluchures de légumes, cadavres des bêtes, chiffons, et bien d'autres résidus encore. Ces matières demandant une durée différente pour se décomposer, on hâte la décomposition en ajoutant de la chaux à la masse, on arrose de temps à autre, et on recoupe

le tas tous les mois environ pour bien mélanger les parties constitutives.

On obtient ainsi un engrais, qui se rapproche quelque peu du fumier de ferme, mais dont la composition est, on le comprend, beaucoup plus variable. C'est l'engrais le plus généralement appliqué sur les prairies naturelles ; dans la culture des jardins, on en fait également une grande consommation.

Eaux d'égout. — Les eaux d'égout, dont l'emploi dans la fertilisation est relativement récent, constituent également des engrais mixtes. Elles ont été longtemps sans emploi, mais dès maintenant, elles constituent pour la ville de Paris et quelques autres, une source importante de revenus.

Pour mettre en lumière l'importance des eaux d'égout de Paris, nous combinons les chiffres résultant des analyses avec ceux provenant des jaugeages.

	Matières organiques.		Matières inorganiques.		
	Azote.	Matières totales.	Acide phosphorique.	Potasse.	Matières totales.
	k.	k.	k.	k.	k.
Collecteur de Clichy (par m³).	0.041	0.085	0.017	0.031	1.733
Collecteur de St-Denis (par m³)	0.140	1.518	0.040	0.089	1.943
Collecteur de Clichy (débit par an : 116.000.000 m³)......	4.756.000	94.540.000	1 972 .000	3.596.000	201.028.00
Collecteur de St-Denis (débit : 16.000.000 m³)............	2.240.000	24.288.090	640 000	1.424.000	31.088.800
Total général...	6.996.000	118.828.000	2.612.000	5.020.000	232.116.000

Le grand nombre des uns et des autres permet, à ce point de vue, une précision indiscutable. On obtient alors, pour les deux collecteurs, les résultats suivants :

Chaque mètre cube d'eau d'égout renferme environ 2 kilogrammes de matières solides, riches en azote. Comme il s'écoule tous les ans 70.000.000 de mètres cubes de ces eaux, M. Hervé Mangon a calculé qu'il se perdait de ce fait 1.200.000 kilogrammes d'azote, que les fleuves charriaient à la mer.

Les eaux d'égout sont noirâtres et visqueuses, très difficiles à clarifier. Toutefois, M. Durand Claye a reconnu que ce caractère disparaît quand on les mélange avec une petite quantité d'un sel métallique (1). Aujourd'hui, c'est au sulfate d'alumine qu'on a recours dans ce but. C'est le procédé suivi à Gennevilliers et qui réussit parfaitement bien.

Mais il existe un autre procédé, également appliqué à Gennevilliers et qui est beaucoup plus simple, c'est la filtration naturelle des eaux d'égout sur la terre arrosée ou soumise au colmatage. L'eau qui s'écoule des couches inférieures d'un terrain perméable ainsi arrosé est d'une limpidité parfaite et ne dégage aucune odeur.

L'eau arrive à Gennevilliers par deux voies différentes, par le collecteur départemental qui peut déverser naturellement sur le sol 40.000 mètres cubes par jour; par le grand collecteur de Clichy qui roule 319.000 mètres cubes en vingt quatre-heures et dont les eaux ont besoin d'être élevées. L'usine élévatoire de Clichy est de la force de 1100 chevaux. L'eau refoulée dans une grande conduite est distribuée dans la plaine par des tuyaux de fonte terminés par des conduites en grès sur lesquelles s'appliquent des bouches de distribution composées d'un plateau en fonte

(1) A. Durand-Claye. *Assainissement de la Seine. Annales d'hygiène publique et de médecine légale,* 1875, t. XLIV, 2[e] partie.

avec garniture de bois. Cette eau, dont on peut régler le débit, tombe dans les rigoles à ciel ouvert formées par simple déblai et ces rigoles maîtresses alimentent des rigoles secondaires ou *raies* qui séparent les planches ou les ados sur lesquels végètent les plantes cultivées. Des vannettes en bois règlent le mouvement de l'eau dans les rigoles maîtresses, des mottes de terres sont suffisantes pour régulariser l'alimentation des voies. La largeur des rigoles maîtresses varie de 60 centimètres à 30 centimètres ; les planches ont 1 mètre à 1 m. 20. Les plantes ont leurs parties aériennes à un niveau sensiblement plus élevé que celui de l'eau et elles ne peuvent par suite être souillées. Chaque année le terrain est remanié et l'on fait en sorte dans les labours que la nouvelle rigole occupe le milieu d'une ancienne planche. Un drainage, établi à une profondeur de 4 mètres, assure l'évacuation des eaux épurées.

A l'heure actuelle, on emploie beaucoup les eaux d'égout aux environs de certaines grandes villes, notamment Londres, Bruxelles et Paris, c'est surtout sur les cultures maraîchères qu'elles donnent de bons résultats.

On peut voir dans la plaine de Gennevilliers l'état prospère des cultures irriguées ; on y cultive des légumes de toute espèce, des fleurs et des fruits. Dans les terrains de la plaine, la culture des légumes est prédominante. Un certain nombre de terrains sont consacrés à des plantes industrielles parmi lesquelles on remarque la menthe poivrée, distillée dans l'usine voisine d'un parfumeur.

Les cultivateurs de Gennevilliers sont arrivés, par l'observation, à employer les eaux à des doses très

voisines de celles que les expériences de laboratoire avaient reconnues compatibles avec une bonne épuration, c'est-à-dire 40 à 50.000 mètres cubes par hectare et par an, on a même été jusqu'à 80.000 mètres cubes; mais il est juste de dire qu'on est aussi resté, dans certains cas, à 5.000 mètres cubes.

Sous l'influence de ces arrosages, les diverses récoltes se sont montrées très productives. Les choux ont donné jusqu'à 40.000 têtes par hectare, représentant un poids de 90.000 kilogrammes, les artichauts 60.000 têtes, les carottes 40.000 kilogr., les navets 49.000 kilogrammes, les panais 35.000 kilogrammes, les fèves 52 hectolitres.

Sur les limites du périmètre irrigué, la grande culture emploie les eaux comme fumure ou comme arrosage d'été; des seigles coupés en vert, des betteraves à bestiaux, des légumes et enfin quelques prairies voisines du bord de la Seine sont soumises à l'irrigation.

Berlin et Reims, à l'exemple de la ville de Paris, utilisent en grand les eaux d'égout.

Berlin, qui laisse écouler par jour plus de 100.000 mètres cubes d'eaux souillées, est traité aujourd'hui comme un polder dont on fait le desséchement. Cinq usines de 200 chevaux refoulent les liquides sur cinq domaines municipaux d'une étendue totale de 4.453 hectares. Le sol est siliceux et se prête, par sa nature, à une irrigation abondante; mais son épaisseur n'étant que de 1 mètre, il ne peut épurer au-delà de 15.000 mètres cubes de liquide par hectare et par an. Les terres sont soumises alternativement au colmatage et aux cultures irriguées (1).

(1) *Dictionnaire d'agriculture*, encyclopédie agricole complète par Barral et Henri Sagnier, Paris. Hachette et Cie.

Cette utilisation des eaux d'égout se généralise rapidement.

On estime que, sur un sol léger, bien drainé, 30.000 mètres cubes d'eau d'égout peuvent être assainis chaque année par hectare, en donnant un produit brut maraîcher qui peut s'élever jusqu'à 10.000 francs. A Gennevilliers, le loyer de la terre irriguée par les eaux d'égout ne s'élève pas à moins de 450 francs par hectare.

Au point de vue agricole, l'importance de l'utilisation des eaux d'égout est donc incontestable.

Les faits acquis, relativement à la perfection de l'épuration des eaux d'égout par l'irrigation, l'innocuité sanitaire de cette pratique, le rendement agricole des champs irrigués, permettent de conclure que la vidange intégrale à l'égout, combinée avec l'épuration de la totalité des eaux d'égout par l'irrigation, est le moyen le plus parfait :

1° De débarrasser les habitations de leurs immondices et d'assurer la salubrité de leur atmosphère et de leurs eaux ; 2° de respecter les droits des riverains en aval des cours d'eau qui ont traversé les villes ; 3° de donner satisfaction aux réclamations, parfois exagérées mais justes au fond, des économistes qui protestent contre la déperdition des engrais humains. (Un adulte produit environ dix francs d'engrais par an ; aucun système d'éloignement des immondices n'en assure l'utilisation complète ; mais la vidange intégrale à l'égout avec irrigation est celui qui en fait perdre le moins).

SIXIÈME PARTIE

Les Engrais chimiques

CHAPITRE I

EMPLOI DES SUBSTANCES SALINES COMME ENGRAIS

Composition des engrais chimiques.

Les engrais d'origine organique que nous avons examinés jusqu'ici, ne sont pas les seuls dont l'agriculteur fasse usage pour la fertilisation des terres, elle demande encore au règne minéral une foule de substances dont l'action est, si l'on peut s'exprimer ainsi, plus *directe*, non pas plus prompte, comme on le croit généralement, car bon nombre d'engrais, dits chimiques ne font sentir leur action qu'à la longue, le phosphate de chaux par exemple. En un mot, la caractéristique essentielle des engrais chimiques ou salins est qu'ils subissent dans le sol moins de transformations, moins de métamorphoses que les engrais organiques avant de pouvoir pénétrer dans la plante.

Le plus souvent, les engrais qui doivent nous occuper maintenant constituent de véritables sels chimiques, c'est-à-dire des composés résultant de l'action d'un acide sur une base, ou pour mieux dire, des acides hydratés dans lesquels l'hydrogène a été remplacé par un métal, tels par exemple le nitrate ou

azotate de soude (acide nitrique ou azotique et oxyde de sodium), le chlorure de potassium (acide chlorhydrique et potassium avec élimination d'hydrogène).

L'agriculteur demande dans les engrais chimiques tantôt leur acide, dans le nitrate de soude par exemple où l'acide nitrique seul est utile par son azote, tantôt il leur demande la base, dans le sulfate de potasse notamment, où la potasse est l'élément fertilisant, enfin d'autres fois il demande à ces sels à la fois l'acide et la base, le phosphate de chaux et le nitrate de potasse en sont des exemples.

Toutefois l'emploi de ces substances est de date relativement récente dans la pratique des engrais. C'est Liebig qui les a tout d'abord proposées, tout au moins quelques-unes, mais c'est surtout M. Georges Ville qui s'est fait leur propagateur infatigable.

Depuis quelques années, il est fait un emploi *raisonné* et surtout *rationnel* des engrais chimiques, et à l'heure actuelle, il n'est guère de fermes où on n'en fasse usage, non pas à titre exclusif, mais à titre complémentaire, concurremment avec le fumier ou d'autres engrais organiques. Aussi les engrais chimiques sont-ils aujourd'hui l'objet d'un immense commerce, et leur emploi, dans la plupart des cas, est-il devenu indispensable pour l'obtention des hauts rendements que doit viser aujourd'hui la production agricole pour être rémunératrice.

Origine des engrais chimiques.

La qualification d'engrais minéraux que l'on applique quelquefois aux engrais chimiques, ne doit pas

être prise à la lettre, car ces matières fertilisantes ne proviennent pas toutes des entrailles de la terre, comme le phosphate de chaux par exemple, un grand nombre sont fournis par la grande industrie chimique, soit qu'elle les produise spécialement, soit qu'elle les livre comme résidus de fabrication, comme le sulfate d'ammoniaque provenant des eaux vannes dans le premier cas, ou le sulfate d'ammoniaque provenant de la fabrication du gaz d'éclairage dans le second cas. Enfin quelquefois leur origine est mixte, ce sont des substances extraites des mines ou carrières que l'industrie transforme spécialement en vue de leur emploi dans la fertilisation, la vaste fabrication des superphosphates et des phosphates précipités en sont des exemples frappants.

Par cela même, on voit que les engrais chimiques doivent être très-nombreux et très-variés ; d'ailleurs toute substance renfermant de l'azote, de l'acide phosphorique, de la potasse ou de la chaux, sous une forme assimilable, ou pouvant le devenir, pourvu qu'elle ne contienne pas de matières nuisibles à la végétation, peut servir d'engrais chimique, c'est ainsi que le chlorhydrate d'ammoniaque peut convenir d'engrais azoté, mais ici, le prix d'achat doit intervenir, et comme en définitive il faut payer ces matières fertilisantes au plus bas prix possible, le nombre de celles qui sont abordables à ce point de vue est assez limité.

Nous avons vu que quelques engrais chimiques étaient à la fois utiles par leur acide et par leur base, toutefois c'est là le cas le moins fréquent, et dans la grande généralité des cas, on leur demande plus spécialement un seul élément de fertilité, c'est pour cela

qu'on s'accorde assez généralement à diviser ces substances en trois groupes, savoir :

1° Les *engrais azotés ;* 2° les *engrais phosphatés ;* 3° les *engrais potassiques*.

Quant à la chaux, elle est plus spécialement demandée aux substances précédemment étudiées au chapître des amendements.

Forme des éléments utiles dans les engrais chimiques.

Les engrais chimiques azotés donnent cet élément sous deux formes :

1° La forme nitrique ;

2° La forme ammoniacale.

Comme nous allons le voir, il n'est pas toujours indifférent d'adopter l'une ou l'autre.

Les engrais phosphatés auxquels on demande le phosphore sous forme d'acide phosphorique ou plutôt de phosphate de chaux, peuvent donner ce composé chimique sous trois formes dont la rapidité d'action est loin d'être la même ; c'est ainsi que nous avons :

1° Les *phosphates tricaciques*, très lentement assimilables ;

2° Les *phosphates bicaciques* assez rapidement assimilables.

3° Les *phosphates monocaciques*, dont l'action est très-rapide.

Quant aux engrais potassiques, leur rôle est plus simple, ils fournissent la potasse sous des formes plus ou moins directement assimilables, dans le sulfate de potasse et le chlorure de potassium qui sont les plus communément employés. Néanmoins, nous devons faire remarquer que leur importance est

moindre que celle des engrais phosphatés et azotés, car les terres où l'élément potassique fait franchement défaut sont en général plus rares. Toutefois il est des circonstances, comme nous le verrons plus loin, où l'emploi des sels potassiques s'impose pour équilibrer la végétation.

Influence du terrain.

Dans l'emploi des engrais chimiques, il importe, comme nous le verrons par la suite, d'être fixé sur la composition chimique du sol, et sous ce rapport il n'est pas indifférent d'observer ce qu'est la végétation spontanée dans le terrain sur lequel on opère, cette observation fournit souvent d'utiles indications.

M. Ch. Contejean (1) a particulièrement étudié cette question. Nous lui empruntons ici quelques conclusions qui pourront être appliquées, le cas échéant.

La distribution naturelle des végétaux dépendant de la température, du terrain et de la station, le terrain agit en raison de sa composition chimique et de son état physique, (2) quelle que soit d'ailleurs sa nature géologique.

L'influence chimique l'emporte sur l'influence physique.

La première a pour cause certains minéraux solubles que renferme le sol, et, en particulier, le chlorure de sodium et le carbonate de chaux.

La soude et la chaux attirent certaines plantes auxquelles elles sont nécessaires ; elles en repoussent

(1) Ch. Contejean. — *Géographie botanique, influence du terrain sur la végétation*, Paris, 1881, J. B. Baillière et fils.

(2) Voy. Première partie, chapitre III.

d'autres auxquelles elles sont nuisibles, et qui ne trouvent de refuge que dans les milieux privés de soude (1) et de calcaire.

Il y a donc une *flore maritime*, fixée par le chlorure de sodium, et une *flore terrestre*, repoussée par la même substance. Cette dernière flore se compose : de plantes *calcicoles*, fixées par le carbonate de chaux, (Saxifraga spontremica, Valeriana montana, Geranium tuberosum, Tussilago farfara, Buxus sempervirens, etc.etc.) de plantes *calcifuges*, repoussées par cette substance (Ranonculus sceleratus, Spergula arvensis, Trapa natans, Senecio silvatica, Anagallis tenella, etc). et d'*indifférentes*, qui ne sont ni attirées ni repoussées par le calcaire, et qui végètent dans toute espèce de milieu non salé. (Clematis vitalba, Anemone pulsatilla, Ranonculus fluilans, Ficaria, Papaver rhœas, etc., etc., etc.)

La répulsion exercée par le chlorure de sodium sur les plantes terrestres est plus grande que l'attraction qu'il peut exercer sur les plantes maritimes.

Rien ne prouve que la silice exerce la moindre influence chimique ; jusqu'à plus ample informé, on doit la considérer comme un milieu neutre et inerte, servant de refuge aux plantes expulsées par la chaux.

Quoique la potasse soit indispensable aux plantes terrestres et sans doute aux plantes maritimes, elle ne paraît exercer aucune influence appréciable sur leur dispersion spontanée.

La magnésie ne paraît exercer aucune action par elle-même.

Les oxydes de fer paraissent également inertes,

(1) Voy. chapitre VI. Engrais sodiques.

quoique leur base joue un rôle physiologique important (1).

Absolument essentiel au point de vue de la vie végétale, l'azote et le phosphore ne paraissent agir que comme augmentant la vigueur des individus de toutes les catégories. L'argile n'exerce aucune action chimique ; son influence est purement physique.

L'influence physique du terrain dépend essentiellement du mode de désagrégation des roches ; d'où resultent les différences que présente le sol sous le rapport de la sécheresse ou de l'humidité, de la profondeur, de la mobilité, de la tenacité, de la perméabilité.

(1) Voy chapitre VI. Les engrais ferrugineux.

CHAPITRE II

ENGRAIS CHIMIQUES AZOTÉS

Importance de l'azote dans la vegétation.

A maintes reprises dans les pages qui précèdent, il nous a été donné d'insister sur le rôle de l'azote dans les phénomènes de la végétation et pendant fort longtemps on n'a même considéré que cet élément dans la restitution, puisque l'ancienne école agronomique ne jugeait de la valeur d'un engrais que par sa teneur en azote, on disait alors que la colombine avait pour équivalent 500, parce que 500 kilogr. de cet engrais renfermait autant d'azote que 10.000 kilogrammes de fumier, ce dernier étant pris comme point de départ; l'équivalent des chiffons de laine était 250 et ainsi de suite. Plus tard, M. Georges Ville, dans ses conférences de Vincennes, organisées en 1860, a quelque peu attaqué cette manière de voir en enseignant que les plantes puisaient directement dans l'air atmosphérique l'azote qui leur était nécessaire, et l'engrais azoté qu'il faisait entrer dans ses formules n'avait pour but que de stimuler la végétation afin de rendre l'assimilation de l'azote atmosphérique plus actif par les plantes. Malgré tous les efforts que fit M. Georges Ville, cette doctrine ne fut pas acceptée dans le monde savant, les expériences multiples de MM. Boussingault, Naudin, Dehérain, Grandeau, démontrèrent que l'assimilation directe de l'azote libre de l'atmosphère par les parties vertes des plantes

n'était pas possible, et ces savants continuèrent à propager l'emploi de l'azote-engrais.

On ne peut nier que la végétation reçoit du fait même des eaux pluviales, une certaine quantité d'azote nitrique et ammoniacale provenant de la combinaison de l'oxygène de l'air avec l'azote, et l'hydrogène de l'eau sous l'influence de l'électricité atmosphérique ; mais les quantités ainsi fournies *à la terre* sont si faibles qu'elles ne peuvent guère entrer en ligne de compte dans la loi de la restitution ; d'ailleurs les eaux de drainage entraînent au moins autant d'azote que l'atmosphère en apporte (1).

Il existe une autre source d'azote, mais indirecte, c'est la nitrification, phénomène qui prend naissance en présence des matières azotées du sol. Mais la nitrification n'est point une source réelle d'azote pour les végétaux, puisqu'elle exige, pour se produire, la présence de ces derniers en décomposition dans le sol ou celle des détritus animaux, qui tous, sans exception, ont emprunté leur azote à la végétation.

Comme on le voit, l'apport des engrais azotés dans une terre soumise à la culture est par cela même indispensable, toutefois on en apportera plus ou moins, d'abord suivant les plantes cultivées qui n'ont pas toutes les mêmes exigences en azote, et ensuite suivant la quantité d'azote renfermée dans la terre elle-même.

A ce premier point de vue, remarquons tout d'abord que les proportions d'azote renfermées dans une récolte varient dans des limites assez considérables, non-

(1) L'apport en azote fait au sol par les eaux météoriques, n'excède pas 10 à 12 kilogrammes par année et par hectare (sous forme d'ammoniaque et d'acide nitrique)

seulement avec les espèces botaniques, mais encore avec les rendements. Toutefois voici quelques moyennes qui montrent les quantités d'azote enlevées du sol par diverses récoltes, en y comprenant les pailles, les feuilles, etc.

								Azote par hectare. kilog.
Une récolte	de blé	de 15 hect.	enlève	en moyenne..				38.0
—	—	—	40	—	—	—		102.0
—	—	d'orge	25	—	—	—		38.0
—	—	d'avoine	25	—	—	—		31.5
—	—	féverole	20	—	—	—		114.0
—	—	colza	30	—	—	—		93.0
—	—	lin				4.000	kilog.	33.5
—	—	carottes				30.000	—	114.0
—	—	betterave à sucre				30.000	—	84 0
—	—	—	fourragères			40.000	—	132.0
—	—	pommes de terre				18.000	—	78.5
—	—	de luzerne de 10.000 kil. de foin sec enlève						200.0
—	—	trèfle	8.000		—		—	160.0
—	—	sainfoin	4.500		—		—	81.0
—	—	Prairie nat^elle	6.000		—		—	78.5

Comme on le voit, ce sont les plantes légumineuses, surtout les légumineuses fourragères qui enlèvent le plus d'azote au sol, et cependant, chose remarquable qui montre bien que ces chiffres ne doivent pas être pris à la lettre, ce sont celles qui en demandent le moins sous forme d'engrais, nous verrons plus loin à expliquer cette anomalie apparente, au chapitre spécial traitant de la sidération.

Il nous reste à voir, maintenant, l'azote contenu dans la terre. La quantité totale varie entre 0,5 et 2 pour 1000. Quelle que soit d'ailleurs l'origine de cet azote, on le rencontre toujours sous trois formes bien définies : qui sont, d'après MM. Müntz et Girard:

1° A l'état insoluble, engagé dans des combinaisons organiques constituant l'humus, les débris végétaux, et,en général, tout ce qu'on peut appeler matière carbonée du sol; c'est du reste sous cette forme qu'il est de beaucoup le plus abondant et qu'il constitue la réserve graduellement et lentement disponible pour les besoins de la végétation ;

2° A l'état de combinaison ammoniacale : nous entendons par là non seulement l'ammoniaque toute formée, mais encore les substances azotées diverses très-facilement altérables, constituées par les corps amidés, dans lesquels l'ammoniaque se trouve en quelque sorte à l'état latent. La forme ammoniacale paraît être tout à fait transitoire, en quelque sorte intermédiaire entre l'état organique et l'état de nitrate. La proportion n'en est jamais qu'extrêmement minime, ce qui s'explique aisément par la rapidité avec laquelle le ferment nitrique la transforme.

L'azote organique est insoluble ; l'azote ammoniacal est fixé et pour ainsi dire immobilisé par les propriétés absorbantes du sol ; la terre n'est donc pas dépouillée par les eaux pluviales de l'azote qui se trouve sous ces deux états;

3° Il n'en est pas de même de celui qui existe dans les nitrates et qui se produit incessamment aux dépens des deux premiers. Le nitrate constitue la forme mobile sous laquelle l'azote se trouve, d'un côté, enlevé par la végétation, de l'autre, entraîné par les eaux. On ne constate donc jamais de grandes accumulations de ce sel et ce n'est que par petites portions qu'on le trouve dans la terre, dans laquelle il cherche constamment à se former et de laquelle aussi il tend constamment à disparaître.

Plus la nitrification est active, plus le sol est porté à s'appauvrir en azote, en déterminant une végétation active et épuisante, aussi bien qu'en donnant des liquides de drainages riches.

Le propre des cultures intensives est précisément de mettre en circulation de grandes quantités d'azote et d'occasionner ainsi un appauvrissement de la terre qu'il faut réparer par d'abondantes fumures.

Lorsque le sol est suffisamment pourvu de matières azotées, l'agriculteur peut vivre un certain temps sur ce stock accumulé qu'il lui suffit de rendre mobile. Quand il n'en est pas ainsi, c'est l'intervention de la fumure qui seule arrive à compenser l'influence de la richesse du sol en azote.

Il est donc des terres dans lesquelles il ne convient pas d'employer les engrais azotés. Il en est d'autres dans lesquelles ceux-ci sont indispensables pour la production de la récolte. (1)

Les Nitrates.

C'est l'acide nitrique qui, dans les nitrates, fournit l'azote à la végétation. Les deux nitrates les plus couramment employés dans la fertilisation des terres sont :

1° Le nitrate de soude :

2° Le nitrate de potasse.

L'usage du premier est beaucoup plus général, car il renferme beaucoup plus d'azote que le second et de plus son prix est beaucoup moins élevé.

Nitrate de soude. — Le nitrate ou azotate de soude, encore appelé salpêtre cubique, forme de puissants

(1) A. Müntz et A. Ch. Girard : *Les engrais*, tome II, Paris, 1889.

gisements au Pérou et au Chili, notamment à Atacama. C'est un sel blanc ou blanc grisâtre très-soluble, cristallisé. Sa formule chimique est $Az O^5 NaO$ et il renferme dans 100 parties en poids, lorsqu'il est pur :

Soude............	36.47	
Acide nitrique...	65.53	correspondant à 16.47 d'azote.

Mais jamais dans le commerce cet engrais ne se présente dans cet état absolu de pureté, toujours il renferme des substances étrangères, dont les principales sont, par ordre de prédominance : le chlorure de sodium, le sulfate de soude et de potasse, du sulfate de chaux, de la silice, des matières terreuses, etc. Il y a le plus souvent 5 à 6 0/0 de ces impuretés (1). En outre, ce sel étant déliquescent retient toujours une certaine quantité d'eau.

Le cultivateur doit exiger que cet engrais dose de 15 à 16 pour 100 d'azote, au-dessous de 15 il y a des probabilités de falsification. Ceci est très-important, car une différence de 1 pour 100 d'azote dans la richesse du nitrate de soude correspond à un écart de plus de 5 pour 100 de sa valeur. Il en résulte que quand le nitrate dosant 16 p. 0/0 d'azote est coté 20 francs les 100 kilog. celui qui en renferme 15 p. 100 ne vaut plus que 18 francs 50. C'est donc surtout pour cet engrais qu'il importe de faire les achats avec garantie d'analyse.

Pour fixer les idées nous ferons remarquer que dans un échantillon de nitrate de soude que nous avons eu l'occasion d'analyser, nous avons trouvé les proportions suivantes :

(1) Dans le nitrate non falsifié, bien entendu.

Nitrate de soude chimiquement pur..... .	95.16
Chlorure de sodium........................	1.70
Sulfate de soude...........................	0.81
Substances insolubles et sable............	9.27
Eau........................	1.97

Dans l'Amérique du sud, le nitrate de soude se trouve presque à fleur de terre, en dépôts que les indigènes appellent *caliche*. L'extraction a lieu en soumettant d'abord le caliche au broyage ; le caliche pulvérisé est traité par l'eau, qui dissout le salpêtre, et on concentre la solution, que l'on abandonne à la cristallisation.

Par sa nature même, et par les impuretés qu'il renferme, le nitrate de soude est très hygroscopique, il se mouille de plus en plus à la longue, aussi sa conservation est-elle souvent difficile,par cela même est-il prudent de ne pas s'approvisionner longtemps à l'avance.

De tous les engrais chimiques azotés, le nitrate de soude est sans contredit le plus important ; l'exportation de ce sel,dont la découverte remonte à 1825,donne lieu à des transactions dont on se fait difficilement une idée, d'autant plus que depuis quelques années elles vont toujours en augmentant.

De 1825 à 1830 on a exporté des pays d'origine 1000 tonnes de nitrate par an, entre 1860 et 1870 l'exportation atteignait 100.000 tonnes par an. En 1875 l'exportation a dépassé 250.000 tonnes, enfin depuis cette époque la progression a été très rapide, comme le montrent les chiffres suivants :

1881...............	300.000 à 350.000 tonnes.
1882...............	450.000 » 500.000 —
1883...............	550.000 » 600.000 —

1884...............	540.000 tonnes.
1885...............	450.000 —
1886...............	550.000 —

Cette énorme exportation ne met pas la pratique de la fertilisation en péril, car seuls les gisements de Tarapaca au Pérou, qui occupent une étendue de 116.000 hectares alimenteraient une consommation pareille pendant plus d'un siècle.

C'est surtout en Angleterre qu'on expédie les chargements, l'Allemagne aussi en reçoit de fortes quantités, depuis quelques années le port de Dunkerque en reçoit des quantités très-considérables.

Le prix du nitrate de soude, d'abord élevé, a peu à peu baissé. Avant 1870 il oscillait entre 36 et 45 francs les 100 kilgr ; jusqu'en 1883 il est resté entre 30 et 35 francs ; en 1884 il était de 24 francs, en 1886 il était de 22 francs, enfin actuellement il est compris entre 20 et 18 francs.

MM. J. et A. Deconinck à Arras, depuis vingt trois ans, importent directement des nitrates de soude du Chili, qu'ils livrent à l'agriculture du Nord de la France en quantités énormes. Ces produits qui ne passent pas par les intermédiaires sont toujours très purs, d'ailleurs les dosages sont garantis sur analyse.

Les entrepôts de nitrate de soude de MM. Deconinck à Dunkerque ont une très-grande importance et sont renommés dans toute la région du Nord.

Le nitrate de soude ne subit pas de transformation chimique dans le sol, il est très-soluble dans l'eau, et celle-ci à 15° peut en dissoudre 85 0/0 de son poids ; il est directement assimilé et produit des effets immédiats sur la végétation, c'est pourquoi on l'applique au printemps, c'est-à-dire lorsque les plantes

peuvent s'en emparer ; les doses à appliquer varient entre 100 et 200 kilogrammes par hectare ; comme nous le verrons plus loin il est prudent de ne pas en mettre davantage.

M. L. Grandeau (1) indique les avantages suivants de l'emploi de cet engrais dans la pratique agricole :

1° Le nitrate sert directement à l'alimentation de la plante. Ne devant subir aucune modification dans la terre, il agit donc beaucoup plus rapidement que les autres engrais azotés d'origine organique, l'action de ces derniers étant subordonnée à leur nitrification préalable ;

2° La rapidité avec laquelle le nitrate est absorbé par les végétaux, met promptement ceux-ci en état de résister, par leur vigueur et par leur développement, aux intempéries, à l'action des insectes nuisibles et aux parasites ;

3° Dans les années à hiver rigoureux, le nitrate employé en couverture, sur les blés et les seigles, permet aux semailles d'automne de réparer le retard produit par des conditions climatériques défavorables.

4° Enfin, le nitrate accroit économiquement d'une manière très-notable le rendement de la plupart des cultures.

Nous insisterons surtout sur ce dernier point en comparant plus loin l'action du nitrate de soude à celle des autres engrais chimiques azotés ; pour le moment une autre question doit nous arrêter.

(1) Grandeau, *Instruction pratique sur l'emploi du nitrate de soude en agriculture*. Paris, 1889.

Les effets stimulants et fertilisants du nitrate sont tels, les excédants de récolte obtenus par son emploi ont été si marqués que les agriculteurs n'ont pas tardé à généraliser son emploi et même à en abuser, par l'application de doses souvent exagérées; comme en toutes choses, l'excès est nuisible, le résultat a été l'appauvrissement et même la stérilisation des terres sur lesquelles on avait abusé de cet engrais. Est-ce à dire que l'emploi continu du nitrate de soude entraîne fatalement à l'appauvrissement du sol?

Nullement, si ce sel est appliqué avec discernement et surtout dans certaines conditions. C'est ce que le Dr Paul Wagner, directeur de la Station agricole de Darmstadt a parfaitement démontré dans les lignes qui suivent :

« On prétend, dit cet auteur, que le nitrate tout en augmentant le rendement dans une forte proportion, appauvrit très rapidement le sol en acide phosphorique. Au point de vue scientifique on réfute cette opinion en disant que si le nitrate de soude, outre son effet principal, dissout les phosphates difficilement solubles du sol et les rend plus facilement accessibles aux plantes, cette action est très-profitable, car les agents *libres* contenus dans le sol ont seuls une valeur agricole; qu'une récolte plus abondante retire du sol non-seulement plus d'azote, mais encore plus d'acide phosphorique qu'une récolte moindre; que par conséquent un terrain fumé avec beaucoup d'azote demande aussi un fort contingent d'acide phosphorique, »

Il ressort de là que le nitrate permet aux plantes de s'assimiler un acide phosphorique qui autrement serait perdu. Cette absorption toutefois, et ceci est

d'une grande importance pour la pratique du fumage, *ne se fait que lorsque le sol n'a pas reçu d'acide phosphorique*, c'est-à-dire, lorsqu'il n'est pas en état de fournir à la plante l'acide phosphorique nécessaire à l'époque de son développement où elle peut en profiter le plus. En résumé : Un terrain *riche en acide phosphorique* fumé au nitrate de soude, ne cède de son acide phosphorique à la plante que dans un moment où celle-ci est déjà trop avancée pour pouvoir s'en servir utilement.

De là le fait en apparence paradoxal, que l'acide phosphorique d'un terrain *riche* et bien fumé est plus profitable à la plante que celui qu'elle retire d'un terrain pauvre, et que ce n'est que dans les terrains pauvres que l'engrais au nitrate de soude use le sol, lorsqu'il n'a pas été fumé à l'acide phosphorique, et n'en contient que fort peu.

Dans la pratique il faut donc avoir grand soin d'assurer la présence d'acide phosphorique conjointement au nitrate de soude et aux sels potassiques, pour éviter une assimilation tardive d'acide phosphorique, et pour donner à l'excès d'absorption d'acide phosphorique, par l'effet du nitrate de soude, son maximum d'activité.

En suivant cette règle on n'a pas à craindre d'appauvrir le sol par l'emploi du nitrate de soude.

Nitrate de potasse. — Le nitrate de potasse ou *salpêtre* est beaucoup moins employé comme engrais azoté, d'abord à cause de son prix, qui est élevé, 40 à 45 francs les 100 kilogrammes, et puis à cause de sa faible teneur en azote qui dépasse rarement 13 pour 100. En effet, à l'état de pureté absolue, ce sel renferme pour 100 en poids :

Potasse	46. 54.	
Acide nitrique	53. 46,	soit 13. 86 d'azote.

C'est donc bien plutôt un engrais potassique qu'un engrais azoté.

L'action de ce sel en ce qui concerne l'azote est la même que celle du nitrate de soude ; il est quelquefois employé lorsqu'il s'agit de donner au sol à la fois de l'azote et de la potasse ; le nitrate de potasse semble être plus avantageux que le nitrate de soude, sur certaines cultures, notamment sur les betteraves à sucre. Néanmoins dans les achats, la garantie doit être exigée, car le nitrate de potasse est assez fréquemment falsifié au moyen du nitrate de soude.

Enfin cet engrais contenant la potasse en excès sur l'azote, on ne doit pas autant que possible l'employer seul, mais associé à d'autres engrais azotés, les tourteaux par exemple ; mais de ce fait, comme nous l'avons déjà dit, la formule devant toujours se compléter avec un engrais phosphaté, la fumure revient à un prix très élevé qui n'est pas toujours en rapport avec l'excédent de récolte qu'elle fournit.

Comme les nitrates, en raison de leur hygroscopicité, sont très sujets à s'agglomérer, on trouve presque toujours dans les sacs des blocs plus ou moins gros et souvent très-durs ; il faut les écraser pour éviter un épandage défectueux et même nuisible. L'opération n'est pas commode ; les procédés en usage sont peu expéditifs et d'autant plus coûteux qu'il se produit un déchet inévitable.

Le besoin d'une machine pratique, chargée de ce travail, se faisait donc sentir, surtout depuis que l'emploi des nitrates semés en petites doses en couverture se généralise de plus en plus, et l'on com-

prend que c'est précisément dans ce cas qu'il est de la plus grande importance d'opérer avec une matière aussi finement réduite que possible, afin d'obtenir une répartition régulière par unité de surface.

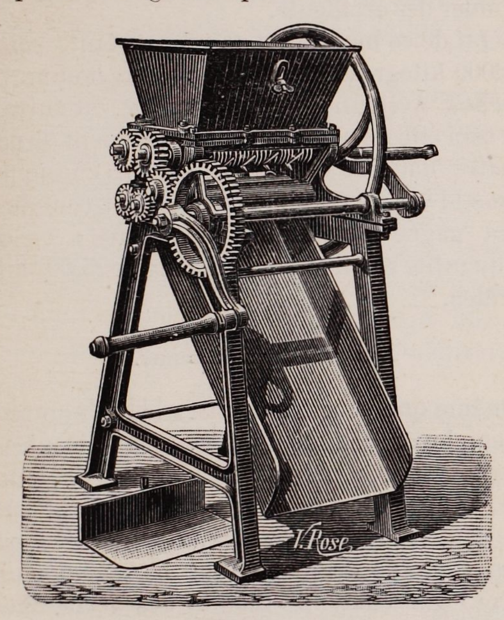


Fig. 39. — Moulin à nitrates et à engrais similaires.

L'appareil représenté fig. 39, construit par M. Ch. Faul, répond très bien à ce besoin. Il se compose de deux arbres juxtaposés, logés au fond d'une trémie et armés de dents ou lames en forme de faux qui tournent concentriquement, coupent et écrasent le nitrate, puis l'entraînent à travers une grille qui forme le fond de la trémie.

La matière, ainsi désagrégée, *tombe sur deux*

rouleaux qui complètent l'écrasement, de sorte que le produit est *très fin* et *parfaitement régulier*. Les deux rouleaux sont agencés de façon à pouvoir s'écarter s'il passait un corps par trop dur, pouvant occasionner des accidents.

Le débit de ce moulin est très-important, soit environ 2000 kilogr. à l'heure, avec deux hommes aux manivelles. Actionné par un manège ou autre moteur, il sera encore plus grand naturellement (la poulie nécessaire dans ce cas se paie à part), et je pense être dans le vrai, en estimant que, tout compte fait, on aura gagné le prix du moulin après avoir opéré sur la quantité relativement minime de 25,000 kilogr. de nitrates.

Les sels ammoniacaux.

De même que pour les nitrates, les sels ammoniacaux employés comme matières fertilisantes demandent quelques précautions, à cause de leur volatilité. Néanmoins ces engrais présentent sur les premiers un avantage précieux, c'est que les pertes par les eaux de draînage sont beaucoup moins à craindre. En effet, il résulte des recherches de Thompson et de Way que la terre retient énergiquement l'ammoniaque. Les quantités ainsi fixées varient avec la nature de la terre qui fixe d'autant plus abondamment d'alcali qu'elle est plus riche en argile et en humus; par contre, ni le sable, ni le calcaire ne semblent capables de fixer l'ammoniaque. Cependant, le sol n'emmagasine pas autant d'ammoniaque qu'on pourrait le croire au premier abord, car les sels contenant cette base se nitrifient en grande partie dans la terre et cette nitrification est excessivement ra-

pide dans la majorité des cas. Il n'en est pas moins vrai, d'après des recherches récentes de M. A. Müntz que les sels ammoniacaux peuvent être absorbés en nature par les plantes, sans nitrification préalable, c'est ce qui explique la rapidité d'action de ces engrais.

Les sels ammoniacaux proposés comme matières fertilisantes sont : le chlorhydrate d'ammoniaque ou sel ammoniac du commerce, qui a été employé par M. Schattenmann sur les céréales et les prairies et dont il a obtenu des résultats remarquables; malheureusement le prix élevé de cette substance, (125 francs les 100 kilos,) rend son emploi agricole à peu près impossible, aussi est-il complétement abandonné aujourd'hui dans la pratique de la fertilisation des terres.

Il en est de même du nitrate et du phosphate d'ammoniaque, aussi est-ce à peu près exclusivement à l'état de sulfate d'ammoniaque que cette base est employée aujourd'hui.

Sulfate d'ammoniaque. — Le sulfate d'ammoniaque se présente sous la forme de cristaux transparents, blanchâtres, prismatiques, à saveur vive et piquante, amère. Il est soluble dans deux fois son poids d'eau froide. A l'état de pureté. Az H^3 SO^3 HO, il contient, pour 100 :

Acide sulfurique	60.62	
Eau	13.63	
Ammoniaque............	25.75	correspond. à 21.75 d'azote

Toutefois le sulfate d'ammoniaque du commerce renferme toujours des impuretés, aussi sa richesse en azote est-elle généralement comprise entre 20 et

21 0/0. Quelquefois même, ainsi que nous le verrons plus loin, le sulfate d'ammoniaque renferme des impuretés nuisibles à la végétation, on ne saurait donc apporter trop de soins et de précautions dans les achats.

Contrairement au nitrate de soude qui est *déliquescent*, c'est-à-dire qui attire l'humidité de l'air et descend rapidement dans les profondeurs de la terre, le sulfate d'ammoniaque est *efflorescent*, c'est-à-dire, qu'à l'air, il perd l'eau qu'il renferme et a une tendance à se reformer sous forme pulvérulente dans les couches voisines de la surface du sol.

Le sulfate d'ammoniaque n'est pas un produit naturel comme le nitrate, c'est une substance industrielle qu'on obtient par divers procédés :

1° Emploi des eaux ammoniacales du gaz. — On sait que dans la fabrication du gaz d'éclairage, les matières azotées que contient la houille (1) sont décomposées par la chaleur et donnent des produits ammoniacaux qui, mêlés à de la vapeur d'eau, se condensent par le refroidissement. On obtient ainsi un liquide renfermant du carbonate, de l'acétate, du chlorhydrate, du sulfhydrate et du sulfocyanhydrate d'am-

(1) La présence de l'azote dans la houille s'explique par l'origine même de ce combustible qui est formé de substances végétales. Celles-ci contenaient des substances albuminoïdes qui ont subi des transformations analogues à celles qu'elles éprouvent lorsqu'elles sont enfouies dans le sol, avec cette différence toutefois que ces réactions ayant eu lieu sous l'eau, l'azote est resté à l'état d'ammoniaque sans passer à l'état de nitrate.

La proportion d'azote renfermée dans la houille est très variable suivant l'origine du combustible. Voici quelques chiffres à ce sujet :

Houille de Saarbrück	0, 50 d'azote p. 100
Houille de Rauchamp	1, 00 à 1, 09
Houille maigre du Lancashire	1, 93 —
Houille maigre d'Ecosse	1, 20 à 2, 09
Houille grasse du pays de Galles	1, 50 à 1.65
Houille collante du Northumberland	2, 05 à 2, 37

moniaque ; ce liquide brut est l'eau ammoniacale du gaz, dont on retire l'alcali sous forme de sulfate. Pour cela, les eaux sont traitées par l'acide sulfurique. Le plus généralement les eaux du gaz contiennent de 12 à 15 kgr. d'ammoniaque par mètre cube, pouvant donner de 50 à 64 kilogrammes de sulfate d'ammoniaque.

Pour donner une idée de l'importance de cette fabrication, nous ferons remarquer qu'en 1886, la compagnie parisienne du gaz a distillé 960,000 tonnes de houille, qui ont donné 135.000 mètres cubes d'eaux ammoniacales, dont on a retiré 7,888 tonnes de sulfate d'ammoniaque.

La production de cet engrais s'élève actuellement, pour l'Europe entière à 160 ou 180,000 tonnes, dont l'Angleterre, à elle seule, fournit plus de la moitié.

Dans ces dernières années on a fait quelques tentatives pour recueillir également les sels ammoniacaux obtenus par distillation pendant la fabrication du coke. Grâce à des fours spéciaux, employés à Tamaris, Terre-Noire et Bessèges, M. Carvès a pu obtenir 2 à 2 tonnes 1/2 de sulfate d'ammoniaque pour une production journalière de 300 tonnes de coke.

En Angleterre, fait remarquer M. A. Favier, M. J. Jameson est arrivé au même résultat, tout en conservant les fours à coke ordinaires, et un membre de la maison W. Baird et C°, M. W. Ferrie, en appliquant aux hauts fourneaux de Gartsherrie les procédés de condensation usités pour le gaz d'éclairage, a obtenu un rendement en sulfate d'ammoniaque d'environ 1/100 de la houille employée. Il est vivement à désirer que ces procédés se généralisent, car on a calculé que la houille consommée dans les hauts

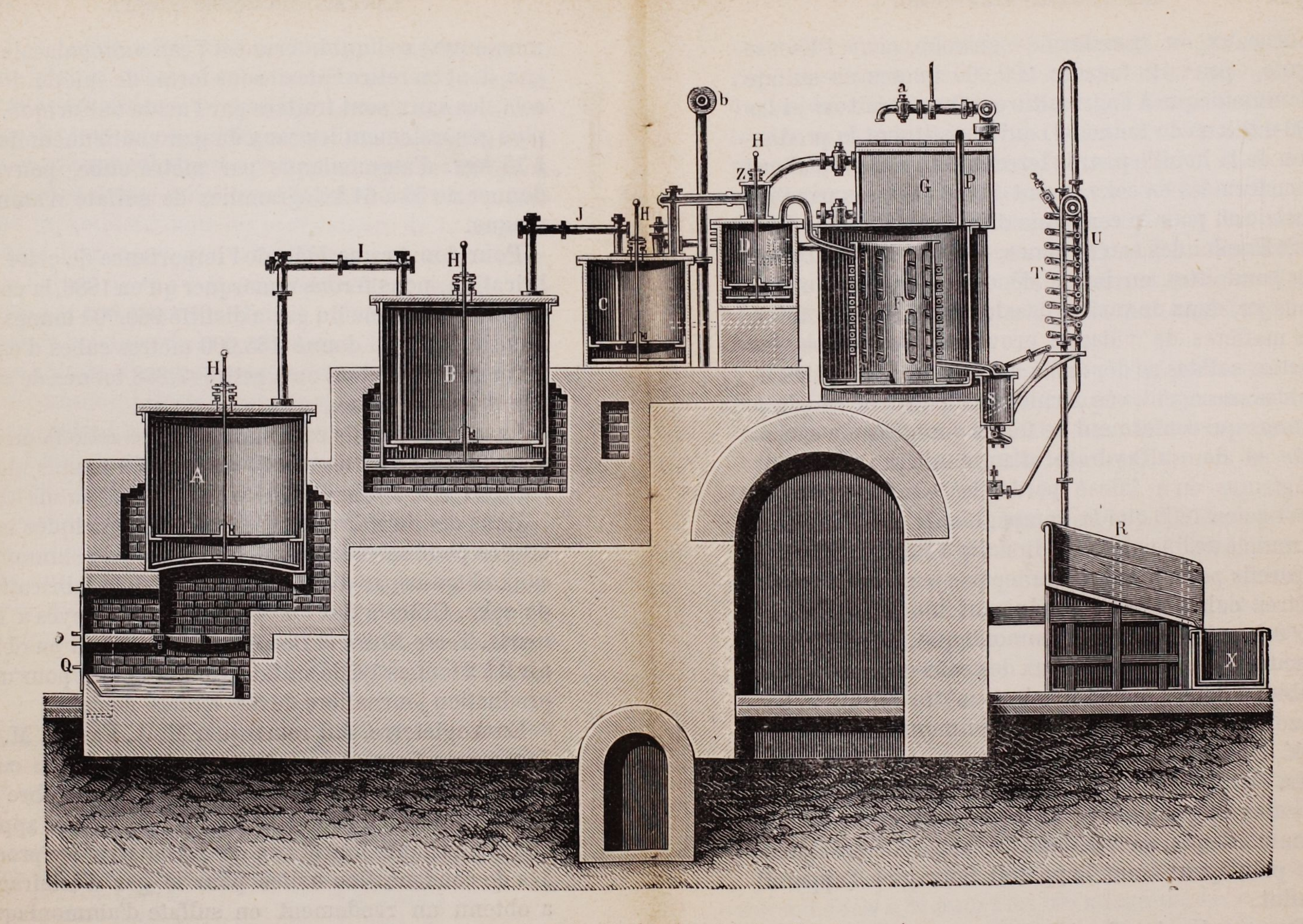


Fig. 40. — Appareil Mallet pour la préparation du sulfate d'ammoniaque.

fourneaux ou transformée en coke, pour l'Ecosse seule, pouvait fournir 200,000 tonnes de sulfate d'ammoniaque à l'agriculture. Que serait-ce si les 400 millions de tonnes (1) qui constituent la production de la houille pour la terre entière étaient d'abord transformées en coke, avant d'être utilisées par l'industrie ou pour la consommation domestique ;

2° Emploi des eaux vannes. — Dans la fabrication des poudrettes, on laisse déposer, comme nous l'avons vu, dans de vastes bassins nommés dépotoirs, les matières de vidange provenant des fosses ; les parties solides se déposent au fond et les parties liquides surnagent, ces dernières constituent les eaux-vannes qui renferment de fortes quantités de carbonate et de sulfhydrate d'ammoniaque. Pendant longtemps on a laissé perdre les eaux-vannes, ce n'est qu'en 1860 que la compagnie Richer, suivant l'exemple de l'Angleterre, installa à Bondy de vastes appareils permettant de traiter par jour environ 800 mètres cubes d'eaux produisant une moyenne de 6,500 kgr. de sulfate d'ammoniaque. Toutefois la teneur en sels ammoniacaux des eaux-vannes est variable ; à Bondy, on a trouvé par mètre cube, 2 k. 854 d'azote, dont 2 k. 378 d'azote ammoniacal volatil et 0. k. 476 d'azote fixe.

La distillation des eaux-vannes et des eaux ammoniacales du gaz, en vue de la production du sulfate d'ammoniaque, se fait dans des appareils spéciaux ; les principaux sont l'appareil Solvay et l'appareil Mallet.

Dans ce dernier (fig. 40), le liquide ammoniacal est placé, avec de la chaux éteinte, dans de grandes cu-

(1) *Bulletin de la Societé de statistique de Paris*, avec sa note.

ves où on le chauffe méthodiquement ; le gaz se dégage et se condense dans des réservoirs renfermant de l'acide sulfurique. La dissolution ammoniacale à traiter, arrivant par la partie supérieure de l'appareil, passe successivement dans les vases D, C, B, A, se rapprochant ainsi du foyer à mesure qu'elle s'appauvrit. Le gaz dégagé suit la marche inverse, il monte se refroidir dans les réfrigérants D. et T., se lave dans une série de flacons à trois tubulures, et finalement se dissout dans de l'eau refroidie. La marche est continue (1).

C'est M. Schattenmann qui a, l'un des premiers, appelé l'attention sur l'emploi du sulfate d'ammoniaque en agriculture, il en a obtenu des effets très remarquables non seulement pour les céréales, mais encore pour les prairies.

Le sulfate d'ammoniaque s'emploie à la dose de 80 à 150 kilogrammes par hectare, sur l'avoine, l'orge, le blé, on le répand quelquefois au printemps, en couverture, à la manière des nitrates, sur les céréales et surtout sur les prairies, toutefois son emploi en automne semble préférable. En effet, répandu au printemps, alors que les racines des céréales d'hiver sont déjà développées, le sulfate d'ammoniaque qui remonte à la surface du sol perdrait de son efficacité. Au contraire, répandu en automne et incorporé au sol par un labour, il remonte peu à peu et vient se mettre lui-même à la portée des racines traçantes des céréales.

Le sulfate d'ammoniaque, suivant sa teneur en azote se vend de 28 à 32 francs les 100 kilogrammes, ce prix n'est pas très élevé lorsqu'on songe que c'est le plus

(1) Voy. Bouant. *Dictionnaire de chimie*, illustré de figures, intercalées dans le texte, Paris, J.-B. Baillière et fils, 1889, p. 123.

riche des engrais azotés, il fait ressortir l'azote au prix de 1 fr. 50 à 1 fr.60 le kilogramme.

Nous avons dit précédemment que le sulfate d'ammoniaque renfermait quelquefois des impuretés nuisibles à la végétation et qu'il était assez fréquemment falsifié. Ces falsifications consistent surtout dans l'adjonction de sels ayant une certaine analogie d'aspect avec lui, mais dont la valeur commerciale est moindre, par exemple le sulfate de soude ou sel de Glauber, le chlorure de sodium ou sel marin, etc.

Nous avons vu que le bon sulfate d'ammoniaque doit être blanc ou grisâtre, il faut repousser les sulfates d'ammoniaque rouges ou bruns, qui proviennent surtout d'Angleterre et qui renferment tous de plus ou moins grandes proportions de sulfocyanure de potassium, qui exerce, même à très faible dose, une action des plus pernicieuses sur la végétation.

Le Dr Vœlcker prétend, et à juste titre, que lorsque la fumure au sulfate d'ammoniaque, employée en couverture, a apporté dans le sol une proportion de sulfocyanure équivalent à 10 kilogrammes par hectare, obtient des résultats désastreux.

En raison de la volatilité de l'ammoniaque du sol qui nous occupe, il y a encore quelques précautions importantes à observer dans son emploi.

C'est ainsi que sur les terres très-calcaires l'application du sulfate d'ammoniaque peut entraîner à des pertes considérables en raison de la double décomposition qui ne manque pas de se produire, et qui peut être ainsi énoncée :

$$\underbrace{SO^3\,Az\,H^3}_{\text{Sulfate d'ammoniaque.}} + \underbrace{CO^2\,Ca\,O}_{\text{Calcaire}} = \underbrace{CO^2\,Az\,H^3}_{\text{Carbonate d'ammoniaque.}} + \underbrace{SO^3\,CaO}_{\text{Sulfate de chaux.}}$$

Il se forme du sulfate de chaux ou plâtre, dont la valeur est minime et qui n'a aucune action fertilisante sur les céréales, et du carbonate d'ammoniaque, sel excessivement volatil qui s'échappe dans l'air en pure perte.

Pour la même raison, il faudra éviter l'emploi du sulfate d'ammoniaque sur une terre fraîchement marnée ou chaulée, car avec la chaux on aurait la réaction suivante :

$$\underbrace{SO^3\,Az\,H^3}_{\text{Sulfate d'ammoniaque.}} + \underbrace{Ca\,O}_{\text{Chaux.}} + \underbrace{SO^3\,Ca\,O}_{\text{Sulfate de chaux.}} + \underbrace{Az\,H^3}_{\text{Ammoniaque.}}$$

Ici c'est l'ammoniaque libre qui est volatilisé.

Comparaison entre le nitrate de soude et le sulfate d'ammoniaque. — Le nitrate de soude et le sulfate d'ammoniaque sont les deux principaux engrais chimiques fortement azotés, nous avons vu que le dernier renfermait plus d'azote que le premier. Mais on peut se demander dans quel cas il convient d'employer l'un plutôt que l'autre, et en raison même du prix de ces deux matières fertilisantes, la question mérite d'être étudiée de près.

Tout d'abord, dans la culture des céréales, le sulfate d'ammoniaque semble donner des produits plus denses, plus lourds que le nitrate de soude. C'est tout au moins le résultat observé par M. Vœlcker d'une part, et par MM. Lawes et Gilbert d'autre part; voici notamment quelques chiffres donnés par ces savants, au sujet du blé, de l'orge et de l'avoine :

	Poids moyen à l'hectolitre.		
	Sans fumure azotée. k.	Sulfate d'ammoniaque. k.	Nitrate de soude. k.
Blé (moyenne de 30 ans) (1852-1881).	72.72	73.83	72.82
Orge (moyenne de 20 ans).......	66.55	67.35	66.55
Avoine........................	43.64	46.14	44.57

Le nitrate paraît mieux convenir au développement des plantes-racines que le sulfate d'ammoniaque, tout au moins en ce qui concerne le poids de la récolte, ceci est surtout vrai pour la betterave à sucre ; mais si le nitrate l'emporte sur le rendement en poids, le sulfate d'ammoniaque est supérieur en ce qui concerne la richesse saccharine. C'est ce que montrent les chiffres suivants, empruntés à M. Dehérain, à M. Joulie et à MM. Lawes et Gilbert, donnant le taux du sucre par 100 kilogr.

	Sans engrais. k.	Nitrate de soude. k.	Sulfate d'ammoniaque. k.
D'après Joulie	13.58	12.97	14.98
— Dehérain	16.24	13.27	15.30
— Lawes et Gilbert	12.07	11.00	11.12
— — —	13.36	11.35	12.62

La comparaison entre l'emploi du nitrate de soude et celui du sulfate d'ammoniaque et entre les résultats généraux qui découlent des observations, montre, comme le font observer MM. A Müntz et A Ch. Girard (1), que le nitrate de soude exerce, au point de vue de la végétation, une action qui est quelquefois supérieure ; mais il a l'inconvénient de se perdre plus rapidement dans les eaux de drainage. Ces considérations nous semblent devoir ramener l'azote de ces deux produits à une valeur sensiblement égale.

A l'appui de ces conclusions, nous citerons des chiffres empruntés aux travaux de MM. Lawes et Gilbert. Ces savants ont déterminé, pour une série de récoltes continues de blé pendant 30 années, la moyen-

(1) A Müntz et A. Ch. Girard, *les Engrais*, Paris 1889.

ne annuelle des quantités d'azote retrouvées dans les récoltes et perdues dans les eaux de drainage ; ils ont obtenu les résultats suivants :

		Avec 96 kgr.	
	Sans azote.	Azote ammoniacal.	Azote nitrique.
	k.	k.	k.
Azote retrouvé dans les récoltes....	22 7	51.7	51.8
Azote retrouvé dans l'eau de drainage.	13.4	34.7	40.0
Azote non retrouvé............		9.6	4.2
		96 0	90.6

Depuis quelques années, un courant d'opinions, dirigé par des savants de différents pays, porte à attribuer au nitrate de soude une grande supériorité sur le sulfate d'ammoniaque. Un concours récent, institué par le comité des producteurs de nitrate de soude dans l'Amérique du sud, a provoqué la publication, au sujet de l'emploi de ce sel en agriculture, de mémoires d'un très-grand intérêt, mais dans lesquels la cause du nitrate de soude nous semble trop chaudement défendue, au détriment de celle du sulfate d'ammoniaque. Jusqu'à présent l'influence de ces publications sur les prix comparés du nitrate de soude et du sulfate d'ammoniaque ne paraît pas s'être fait sentir ; mais si la pratique adoptait les conclusions des savants rédacteurs de ces mémoires, elle délaisserait les sels ammoniacaux et s'adresserait exclusivement au nitrate de soude. A notre avis, elle aurait tort. L'infériorité des premiers, si toutefois elle existe, n'est pas à ce point sensible qu'il faille payer à un prix plus élevé l'azote du nitrate que celui du sulfate d'ammoniaque. Ce serait d'ailleurs une erreur de sacrifier, sans avantage appréciable, le sulfate d'ammoniaque, de production indigène, au nitrate de soude qui nous est fourni par l'étranger.

CHAPITRE III

ENGRAIS CHIMIQUES PHOSPHATÉS

Rôle de l'acide phosphorique dans la végétation.

L'influence aujourd'hui si manifeste de l'acide phosphorique dans les phénomènes de la nutrition végétale a pendant longtemps échappé aux observateurs.

C'est à la suite d'expériences culturales faites en 1843 par le duc de Richmond que l'attention des savants fut appelée sur l'utilité de l'acide phosphorique dans la végétation.

Une expérience que fit ensuite M. Boussingault ne laissa plus aucun doute à cet égard. Il ensemença une terre complétement dépourvue de phosphates et la plante ne prit de l'accroissement qu'après que cet élément lui eut été fourni.

Plus tard encore, des expériences dues à M. Boussingault d'une part, et Georges Ville d'autre part, vinrent démontrer que les matières azotées des engrais ne peuvent agir dans la fertilisation qu'avec le concours de l'acide phosphorique.

Exigences des récoltes en ce qui concerne l'acide phosphorique. — Comme le fait remarquer M. Joulie, la plupart des produits agricoles qui se consomment à la ferme, les fourrages, les pailles, les racines, etc. sont riches en potasse et en chaux. Aussi le fumier est-il généralement riche de ces éléments, dont il opère une restitution assez large pour qu'elle paraisse longtemps suffisante.

L'acide phosphorique se trouve, par contre, en faible proportion dans ces récoltes. Il est, au contraire, dominant dans presque tous les produits d'exportation : grains, lait, animaux etc. Comme il est d'ailleurs le plus rare des éléments minéraux du sol, c'est généralement par l'abaissement de sa proportion que se modifie peu à peu la fertilité des terres. C'est donc surtout l'acide phosphorique que le cultivateur doit ramener à la terre.

Voici d'ailleurs, d'après les nombreuses analyses faites par MM. A. Müntz et A. Ch. Girard, la teneur en acide phosphorique rapportée à 100 des principales plantes cultivées.

Céréales.	Grain.	Paille.
Blé	0.82	0.23
Seigle	0·82	0.25
Orge	0.72	0.19
Avoine	0.55	0.28

Ce qui fait, pour des récoltes moyennes, un prélèvement variant entre 13 et 50 kilogrammes d'acide phosphorique par hectare :

Légumineuses à graines.		
Haricots	0.94	0.38
Pois	0.88	0 38
Féveroles	1.16	0.41
Plantes industrielles.		
Colza	1.64	0 27
Lin	1.30	0.43
Chanvre	1.75	0.35
Plantes à racines et à tubercules.		
Carottes	0.11	0.10
Turneps	0.11	0.13
Betteraves fourragères	0.08	0.08
— à sucre	0.11	0.10
Pommes de terre	0.18	0.10

Plantes fourragères.

Herbe de prairie	en vert	0.17
	en foin	0.35
Maïs fourrage		0.07
Choux	feuilles	0.20
	tiges	0.16
Trèfle (foin)		0.56
Luzerne		0.51
Sainfoin		0.47

Comme on le voit, il y a de grandes différences entre les plantes, toutefois ce sont les légumineuses qui se montrent les plus riches en acide phosphorique, ainsi que les graines de céréales.

Dans un travail présenté à la Société nationale d'agriculture, M. Andouard montre qu'un mauvais pré sur lequel on met des engrais (phosphates) peut se transformer et devenir riche en bonnes plantes, telles que les légumineuses et il cite l'exemple de fermes où l'on a pu améliorer en fumant les prés, les races de vaches et de chevaux et se livrer à l'élevage avec profit. M. Andouard insiste sur la nécessité des savilages répétés dans les prairies pour détruire les mauvaises plantes et sur l'avantage pour le cultivateur de couper ses foins quand les plantes sont sur le point de fleurir.

Nous avons vu, dans le chapitre précédent, que l'excès des fumures azotées expose à des accidents culturaux, à la verse par exemple, au retard de la maturité. De plus, une grande partie de l'azote des engrais est entraîné par les eaux ; aucun de ces inconvénients n'existe pour l'acide phosphorique, qu'on peut donner en forte proportion et dont l'excès n'a pas d'effets fâcheux sur la végétation. L'acide phosphorique n'étant pas enlevé par les eaux, reste emmagasiné dans le sol et sert aux cultures suivantes. On ne commet

donc jamais une erreur grave en forçant la dose de phosphate dans les engrais : on s'expose seulement à une dépense inutile.

Acide phosphorique de la terre arable. — D'un autre côté, presque toutes les terres contiennent de l'acide phosphorique, mais souvent en si faible proportion, que les récoltes n'en peuvent prendre la quantité qui leur est indispensable. Ainsi, d'après M. Joulie, toute terre qui ne renferme pas au moins 30 grammes d'acide phosphorique par 100 kilogr. ou 1.200 kilogr.par hectare, peut être considérée comme absolument stérile. Les bonnes terres en contiennent de 80 à 120 grammes par 100 kilogr. et on en trouve même qui vont jusqu'à 500 à 600 grammes. Dans les terres riches, dépassant 100 grammes aux 100 kilogr., il suffit de rapporter chaque année les quantités enlevées par les récoltes ou à peu près (1).Dans les terres pauvres, il faut se préoccuper de l'avenir, et leur donner chaque année des quantités d'acide phosphorique dépassant de beaucoup les exigences de la récolte, de manière à leur former un stock de phosphates qui élèvera graduellemeut leur fertilité.

Néanmoins, il ne faut pas oublier, et cette vérité a été érigée en principe par le Dr Wagner, que : Partout où l'on veut, à l'aide d'engrais chimiques, forcer le rendement, il faut toujours, conjointement avec les autres engrais, faire usage d'*acide phosphorique*.

Les cas dans lesquels on peut se passer d'un engrais potassique et même azoté sont beaucoup plus fréquents. Le trèfle, les pois, ne demandent pas d'azote.

L'engrais phosphaté par contre ne peut être sup-

(1) Voy. Acide phosphoriqne des terres arables, page 41 et suivantes.

primé que très-rarement. Quant à la question de savoir quelles sont les plantes qui peuvent le moins s'en passer, nous nous contenterons de quelques observations.

Plantes qui peuvent le moins se passer d'acide phosphorique. — D'après la composition chimique même des plantes que nous avons donnée au commencement de ce chapitre, ce sont les céréales, les foins, les trèfles, les pois, la vesce et la navette, pour lesquels il y a le plus grand avantage à employer un engrais phosphaté, et qui par conséquent peuvent le moins s'en passer. Mais il n'est pas dit par là, qu'un engrais uniquement phosphaté soit toujours approprié à ces plantes. Ceci nous amène à poser cette question : A quelles plantes l'engrais phosphaté suffit-il et quelles sont celles qui réclament en outre un engrais azoté, et s'il y a lieu, potassique ? M. le D[r] Paul Wagner, par des expériences très concluantes, a parfaitement résolu cette question. Voici comment il s'exprime à ce sujet : (1).

« En disant que le trèfle, les pois, la vesce et les lupins peuvent se passer d'engrais azotés, mais non pas d'acide phosphorique, il est tout naturel que pour ces plantes ce n'est que l'engrais potassique et l'engrais phosphaté qui peuvent être pris en considération, et que dans les terrains *riches en sels potassiques*, les légumineuses ne réclament *que l'acide phosphorique* pour arriver à leur maximum de rendement.

Mais il *n'y a* absolument *que* les légumineuses pour lesquelles dans certains cas un engrais phosphaté *seul* peut suffire. Toutes les autres plantes ré-

(1) P. Wagner : *La question des engrais d'après des expériences récentes*.

clament en outre un engrais *azoté*, pour prêter à l'acide phosphorique toute sa force d'action. Les céréales et, en seconde ligne, les plantes sarclées réclament tout particulièrement l'emploi des *deux* engrais.

Aujourd'hui encore, on ignore quelles sont les plantes qui réclament en outre un engrais potassique, mais on a tort de croire que les céréales peuvent le plus facilement s'en passer. Quand le terrain est pauvre en potasse, cet engrais présente pour les céréales au moins autant d'avantages que pour toute autre plante.

Donnons maintenant quelques exemples :

a. Par un engrais potassique seul :

Pour les pois 0 0/0 de rendement en plus, — l'orge 7 0/0 — —	Comparativement à un terrain non fumé.

b. Par un engrais potassique et azoté :

Pour les pois 0 0/0 de rendement en plus, — l'orge 8 0/0 — —	Comparativement à un engrais azoté seul.

c. Par un engrais potassique et phosphaté :

Pour les pois 21 0/0 de rendement en plus, — l'orge 13 0/0 — —	Comparativement à un engrais phosphaté seul.

d. Par un engrais potassique azoté et phosphaté :

Pour les pois 19 0/0 de rendement en plus, — l'orge 35 0/0 — —	Comparativement à un engrais azoté et phosphaté.

Comme on le voit, ces résultats de culture sont très démonstratifs et viennent confirmer en tous points les données énoncées précédemment.

Formes de l'acide phosphorique.

Dans les engrais minéraux, comme dans les engrais organiques d'ailleurs, l'acide phosphorique se

trouve à l'état de combinaison avec la chaux, formant le phosphate de chaux.

Ce phosphate de chaux se rencontre sous divers états, dont les principaux sont au nombre de trois :

1° Phosphate mono-calcique ;

2° Phosphate bi-calcique ;

3° Phosphate tri-calcique ;

Le Phosphate mono-calcique ou phosphate acide est rare dans la nature. Il est soluble dans l'eau qu'il rend fortement acide.

Le phosphate bi-calcique ou phosphate neutre de chaux renferme, comme son nom l'indique, deux équivalents de base pour un équivalent d'acide, il est presque insoluble dans l'eau.

Le phosphate tri-calcique ou phosphate acide renferme trois équivalents de chaux, il est complétement insoluble dans l'eau pure, C'est sous cet état qu'on le trouve dans la nature. Toutefois le phosphate tricalcique est dissout par l'eau chargée d'acide carbonique, comme l'a démontré M. Dumas.

L'industrie offre à l'agriculture, sous les noms de :

Superphosphates,

Phosphates naturels,

Phosphates précipités,

trois séries d'engrais qui contiennent respectivement des quantités plus ou moins grandes des trois sels précédents. Ces matières sont préparées avec des os, qui ainsi que nous l'avons vu sont très-riches en phosphate de chaux tribasique et avec des phosphates minéraux, nodules, coprolithes et phosphorites, dont on trouve des gisements abondants dans certaines régions.

Nous n'avons pas à nous occuper ici des phosphates

de chaux d'origine animale, dont il a déjà été question, nous arriverons tout de suite aux phosphates d'origine minérale.

Phosphates de chaux d'origine minérale. — Le phosphate de chaux se montre partout dans l'écorce terrestre, toujours il se présente à l'état tribasique, c'est-à-dire insoluble dans l'eau.

Il offre des aspects très-différents, suivant les régions et les couches géologiques dans lesquelles on le rencontre.

A l'état de concentration, il existe sous deux formes distinctes. Dans le premier cas, il est cristallisé, mais toujours uni, suivant la remarque de M. Favier, à plusieurs corps et particulièrement au fluor; c'est l'*apatite* des minéralogistes que l'on rencontre :

1° En amas dans les roches les plus anciennes ;

2° Dans les gangues de certains filons métallifères, d'âges d'ailleurs très-divers.

Dans le second cas, le phosphate de chaux est amorphe et constitue la *phosphorite* qui est généralement accompagnée de matières étrangères, silice, argile, carbonate de chaux, oxyde de fer, ainsi que de fluor, en proportion souvent aussi élevée que dans l'apatite.

Indépendamment des apatites, des phosphorites et des nodules ou phosphates fossiles, l'agriculture emploie aussi depuis quelques années des phosphates dits métallurgiques, provenant des forges et aciéries, dont nous parlons plus loin avec quelques détails.

Apatites et phosphorites.

Principaux gisements. — Bien que ces deux termes, apatite et phosphorite, ne soient pas absolu-

ment synonymes, comme on vient de le voir, on les confond assez souvent dans la pratique.

On trouve ces minéraux en Espagne, en Russie, en Norwège, dans le Nassau et en France dans le Lot. Comme ce sont des roches très-dures, elles ne peuvent devenir assimilables qu'après avoir été transformées en superphosphate, par l'addition de l'acide sulfurique.

L'*apatite* est le plus dur de tous les minéraux à base de chaux ; elle se cristallise en prismes hexagonaux terminés aux extrémités par des facettes assez compliqués. Les apatites ont un aspect vitreux, et une coloration qui varie entre le blanc, le vert, le rose, le violet même. Toujours on rencontre ce minéral dans les terrains primitifs.

La *Phosphorite* est de la chaux phosphatée terreuse ou plutôt une variété d'apatite lithoïde. En Espagne les gisements sont très-abondants.

Apatites de norwège. — C'est à Krageroë en Norwège, que se trouve le gisement le plus important d'apatites. Malheureusement, ce dépôt commence à s'épuiser ; il n'en est pas de même des dépôts d'Arendal et de Gellivera dans la Laponie suédoise. Le minerai phosphaté, intercalé plus ou moins régulièrement dans des couches de schistes cristallins, est de couleur blanche, rose ou verdâtre. Il ne renferme presque pas d'impuretés. Voici d'ailleurs l'analyse de ces matières fertilisantes d'après le Dr Voelcker :

Céréales	Apatite rose.		Apatite blanche.	
Eau hygroscopique	0.43 à	0.43	0.19 à	0.30
Eau de constitution	0.40	0.40	0.23	0.20
Acide phosphorique	41.88	41.74	41.25	42.28
Chaux	53.45	54.12	56.62	53.35

	Apatite rose		Apatite blanche	
Chlorure de calcium..........	1.61	1.61	0.41	2.16
Phosphate de fer et d'alumine..	1.66	0.45	0.39	0.92
Parties insolubles..............	1.24	0.97	0.82	0.99
Alcalis..........................	» »	0 10	0.17	» »
Magnésie.........................	» »	0.20	0.29	» »

Apatites du canada. — Au Canada l'apatite se trouve dans les calcaires schisteux cristallins, associés aux roches primitives; elle forme là des gisements importants qui sont l'objet d'une exploitation active. Le minerai est généralement de couleur verdâtre et renferme de 70 à 72 pour 100 de phosphate de chaux. Ce sont des produits d'excellente qualité, comme on peut en juger par les analyses suivantes de trois échantillons :

	I.	II.	III.
Acide phosphorique (1)................	41.54	37.68	30.84
Chaux..................................	54.74	51.04	42.72
Oxyde de fer, alumine, fluorures........	3 03	6.88	13.32
Matière siliceuse insoluble.............	0.59	4.29	12.03
Humidité...............................	0.10	0.11	1.09

Les apatites du Canada sont un peu dures, mais leur riche composition les rend précieux pour la fabrication des superphosphates.

On en expédie de notables quantités en Angleterre.

Apatites et Phosphorites d'Espagne. — En Espagne, on trouve des gisements énormes d'apatites et surtout de phosphorites. Ces phosphates de chaux forment des filons ou des amas dans les terrains de transition et dans le granit. Leur abondance est telle, qu'ils sont employés dans l'Estramadure, comme pierre à bâtir.

Aujourd'hui grâce au développement des voies de

(1) Correspondant à phosphate de chaux tribasique. 90.68 82.25 67.32

communication en Espagne, on expédie de forts chargements de ces substances en Angleterre.

Voici la composition des principaux filons :

	SAN-SALVADOR	CACÉRÈS		ZARGA LA GRANDE	
		Esmeralda	Confianza	Seguridad	Fortuna
Phosphate de chaux....	74.40	84 04	80.77	89.68	76.16
Fluorure de calcium....	3.08	5.05	1.03	5.39	2.18
Chlorure de calcium....	» »	» »	» »	» »	0.15
Carbonate de chaux.....	20.45	» »	17.0	» »	11.30
Sulfate de chaux........	» »	» »	» »	» »	0.92
Peroxyde de fer........	0.50	0.43	0 08	1.15	1.10
Sesquioxyde de manganèse	» »	» »	» »	0.39	» »
Alumine..	» »	» »	» »	1.30	» »
Silice..................	1.10	10.00	0.10	1.90	5.60
Eau....................	0.05	0.10	0.85	» »	0.25
Pertes..................	0.42	0.38	0.17	0.19	0.34
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Les phosphorites du Nassau, qu'on rencontre dans le terrain dévonien, ont une composition voisine de celles d'Espagne, toutefois leur richesse est un peu moindre.

Phosphates de chaux organiques ou phosphates fossiles.

Les phosphates de chaux désignés sous les noms de nodules, coprolithes, pseudo-coprolithes, sables phosphatés, etc., ont une origine manifestement organique,

comme le prouve la quantité relativement considérable de substances charbonneuses qu'on y rencontre.

Ces phosphates sont très-abondants, surtout en France où les gisements ont une grande importance, ils sont d'ailleurs répartis dans presque tous les étages géologiques.

L'étendue présumée des gisements embrasse une superficie de 30.000 hectares, représentant environ 33 millions de tonnes de phosphates de chaux d'une valeur de plus d'un milliard.

D'après les explorations exécutées jusqu'à ce jour, les gisements les plus étendus se rencontrent dans les quatre départements suivants :

	Quantités de phosphates reconnues.	Teneur en acide phosphorique.
Meuse....	24.196.000 tonnes	16 à 22 0/0
Pas-de-Calais..........	1.638.000 —	20 30 (en général)
Côte-d'Or.	1.500.000 —	29
Lot..................	1.240.000 —	20 61

On trouve des dépôts moins abondants et déjà partiellement épuisés dans les Ardennes, le Cher, la Haute-Saône, la Marne, l'Yonne, etc.

NODULES DE LA MEUSE ET DES ARDENNES. — Dans ces deux départements, ainsi que dans celui de la Marne, les nodules se rencontrent dans l'étage géologique des sables verts et de la gaize du crétacé inférieur.

Ce phosphate de chaux se trouve ordinairement sous forme de rognons arrondis, lisses ou mamelonnés, dont la grosseur varie de celle d'une noix à celle du poing; ils sont compacts, grisâtres ou bruns verdâtre, leur dureté est généralemeut supérieure à celle du calcaire. Tantôt ils sont isolés dans le sable, tantôt ils sont soudés les uns aux autres. L'épaisseur de la

couche est assez faible, et varie entre 5 et 25 centimètres.

Ces nodules ont une densité moyenne de 2, 70 ; ils renferment, indépendamment du phosphate de chaux, de l'argile, de la silice, du carbonate de chaux, de l'oxyde de fer et des matières organiques. La richesse en acide phosphorique est très variable et comprise entre 4 et 23 pour 100. Toutefois la richesse moyenne est de 18 p. 100 d'acide phosphorique, soit 39 p. 100 de phosphate de chaux. Voici d'ailleurs l'analyse chimique de quelques échantillons, d'après M. Delattre(1)

	MEUSE		ARDENNES		MARNE
	Rarécourt	Les Islettes	Des grés verts	De la Gaize	Arget
Humidité	1.85	1.90	2.20	1.15	1.80
Matières volatiles au rouge	4.70	5.05	4.55	4.90	4.80
Acide phosphorique	17.58	18.74	19.57	23.46	14.39
— sulfurique	0.85	1 20	0.85	0.89	0.79
— carbonique	4.20	4.80	5.80	5.65	4.35
Fluor	1.25	1.48	1.66	1.62	1.10
Chaux	27.04	29.23	31.81	40.48	23.80
Magnésie	traces	0.39	0.36	0.50	0.07
Alumine	2.47	2 57	3.36	2.15	2.65
Oxyde de fer	4.95	5.46	4.89	2.87	5.05
Silice	35.18	28.74	24.80	15·40	40.90
Equivalent en phosphate de chaux.	38.37	40.90	42.73	51.22	31.41

(1) Ch. Delattre ; *Etude sur les gisements français de phosphate de chaux.*

Dans la Meuse et les Ardennes, l'extraction se fait tantôt à ciel ouvert, tantôt par travaux souterrains.

Dans le premier cas, on ouvre des tranchées successives de 2 à 3 mètres de largeur, ce procédé ne s'applique qu'à une profondeur de 3 à 4 mètres; au delà l'enlèvement des terres devient trop coûteux.

L'exploitation souterraine consiste simplement dans le creusement de petits puits temporaires du fond desquels partent des galeries.

Les nodules extraits sont lavés, puis séchés et triés à la main; on les réduit ensuite en poudre au moyen des broyeurs.

Nodules du Cher et de l'Indre. — Les nodules de phosphate de chaux ont été exploités dans le département du Cher à deux niveaux. Le premier appartient à la partie supérieure du Gault et a été exploité dès 1871 dans le Sancerrois aux environs de Vailly, Assigny, etc., (arrondissement de Sancerre). Ces exploitations sont encore en activité; mais depuis la crise agricole l'extraction a été notablement réduite, et aujourd'hui quelques-unes des exploitations sont momentanément suspendues.

Le second gisement de nodules se trouve dans l'étage du lias inférieur, au même niveau que les gisements de l'Auxois; il a été exploité dans les environs de Germigny (arrondissement de Saint-Amand) de 1874 à 1880, et a été abandonné en raison de la qualité inférieure des nodules et des difficultés d'extraction et de lavage.

Dans l'Indre, il existe aussi un assez grand nombre de niveaux où l'on trouve des nodules phosphatés; mais un seul est exploité: c'est celui qui appartient au lias moyen. Il est exploité depuis 1881.

La grosseur de ces nodules varie entre celle d'une noix et celle du poing; ils sont empatés le plus souvent dans un limon argileux et ferrugineux et quelquefois dans un calcaire compact. La couche a de 5 à 40 centimètres d'épaisseur. Ces nodules étant très friables, leur lavage présente une certaine difficulté. Les phosphates du Cher renferment entre 40 et 65 pour 100 de phosphatee de chaux. Voici d'ailleurs la composition de deux échantillons :

	I	II
Eau à 100°	1.15	1.60
Matières volatiles au rouge sombre	1.75	2.80
Acide phosphorique	18.61	29.29
— sulfurique	0.27	0.72
— carbonique	1.20	3.20
Fluor	1.66	1.63
Chaux	25.25	40.32
Magnésie	« »	0.07
Alumine	1.90	2.56
Oxyde de fer	2.95	8.28
Silice	44.74	8.90
Equivalent de l'acide phosphorique en phosphate de chaux	40.62	63.94

NODULES DE LA COTE-D'OR.—Les nodules de la Côte-d'Or se trouvent dans le lias, tant dans la couche inférieure que dans l'étage moyen. (fig. 41).

Ces nodules qui sont blancs-grisâtres ont été signalés par Bonnard en 1825. En 1872 on trouva d'autres gisements et dès 1877 on commençait l'exploitation de ces phosphates sur une vaste échelle.

L'extraction a lieu à ciel ouvert et les carrières sont essentiellement temporaires. Le lit de nodules, qui a une épaisseur de 12 centimètres en moyenne, repose sur du limon ou sur des bancs calcaires, il est

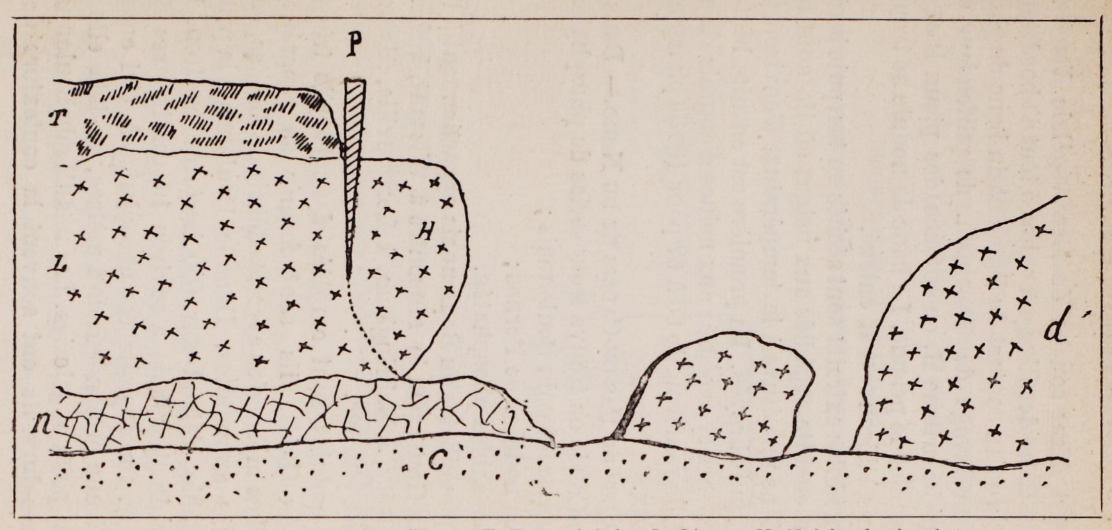


Fig. 41. — Phosphates de la Côte-d'Or. — *T*. Terre végétale. *L*. Limon. *N*. Nodules de phosphates. *C*. Limon ou calcaire, *D*. Déblais

recouvert d'une couche de terre végétale d'environ 1 mètre. Cette dernière est enlevée tout d'abord, puis on pratique au contact du limon et du banc de phosphate un lavage de 50 centim. de profondeur au-dessous du prisme H, on enfonce des pieux P et on fait basculer le prisme. Le banc de nodule se trouve ainsi mis à découvert et enlevé.

Les nodules extraits sont séchés en tas, puis lavés ; ils sont ensuite expédiés aux usines où ils sont torréfiés dans une étuve à la température d'environ 140 degrés, puis broyés. La première est ensuite blutée, mise en sacs et expédiée aux usines d'engrais chimiques. Elle renferme de 60 à 62 pour 100 de phosphate de chaux.

Nodules du Pas-de-Calais et du Nord.— Dans le Pas-de-Calais on trouve trois sortes de phosphates :

1° Les nodules du Boulonnais ;

2° Les nodules de Pernes ;

3° Les sables phosphatés.

Les phosphates du Boulonnais appartiennent à l'étage du Gault. On le rencontre à Wissant, à Fiennes, à Réty, à Nabringhem, à Longueville, Samer, Surques, etc., etc.

Les nodules sont empâtés dans l'argile très-tenace du Gault, ils sont formés de concrétions amorphes mélangées avec des débris de fossiles, surtout des ammonites. Dans le Boulonnais la partie exploitable s'étend sur 600 hectares environ. La couche de phosphate a environ 10 centimètres d'épaisseur. On exploite ces phosphates à ciel ouvert jusqu'à une profondeur de 4 mètres, au-delà elle se fait par puits et galeries. Les nodules du Boulonnais sont très-durs, ils ont souvent la contexture de la

porcelaine et leur grosseur varie entre celle d'une noisette et celle d'une orange. Leur coloration est brune avec des reflets bleuâtres.

Leur richesse en acide phosphorique est variable comme on peut le voir par les chiffres ci-dessous :

PHOSPHATES DU BOULONNAIS

	SURQUES	NABRINGHEM	FIENNES
Eau à 100°	1.85	1.40	1.40
Matières volatiles au rouge	4.85	5.60	5.30
Acide phosphorique	17.01	23.52	20.72
— sulfurique	0.89	1.06	0.89
— carbonique	3.75	4.30	4.20
Fluor	1.83	1.90	1.83
Chaux	26.15	34.77	33.71
Magnésie	traces	0.04	traces
Alumine	2.62	3,53	3.25
Oxyde de fer	3.10	3.19	3.15
Silice	37.12	20.60	25.20
Equivalent de l'acide phosphorique en phosphate de chaux.	37.13	51.36	45.23

Néanmoins aujourd'hui, les échantillons présentant cette richesse sont très-rares, lorsqu'on arrive à un maximum de 20 p. 100 d'azote phosphorique, c'est déjà beau.

On vend ces phosphates après les avoir pulvérisés, ils sont employés directement en agriculture ou bien transformés en superphosphates ; une grande quantité est expédiée en Angleterre.

L'exploitation des phosphates du Boulonnais a fortement diminuée et la production a baissé de plus

d'un quart depuis la découverte des sables phosphatés et des phosphates de Pernes.

Les nodules de Fauquembergues et surtout de Pernes se trouvent dans l'étage de la craie glauconieuse (Cénomanien). Les phosphates de cet étage sont plus rares que ceux du Gault, ils sont épuisés dans les Ardennes et n'existent plus qu'en très petite quantité en Angleterre où ils sont très recherchés.

Ils ont été reconnus à Pernes, en Artois, non loin de Saint-Pol en 1877, par M. Vivien ; peu de temps après commençait l'exploitation industrielle.

La couche de nodules a en moyenne 50 centimètres ; parfois, elle se divise en deux lits de 20 à 22 centimètres. On exploite ces phosphates à ciel ouvert par des tranchées ou bien par des galeries dans lesquelles on accède par des puits, quelques-uns de ceux-ci vont jusqu'à 32 mètres de profondeur. Le puits est muni d'une cage et d'un moteur à vapeur. Cette innovation marque, comme nous avons pu le constater, un progrès considérable dans l'industrie des phosphates, pratiquée d'une façon si primitive dans la plupart des autres exploitations.

Les nodules qui nous occupent ne sont pas durs et porcelainés comme ceux du Gault ; exposés un certain temps à l'air, ils se délitent et s'écrasent très facilement ; ces nodules sont poreux, d'un brun verdâtre ou quelquefois bleuâtre, leur forme est sphérique et leur volume atteint quelquefois sept centimètres ; ils sont encastrés dans une gangue de sable vert glauconieux très homogène.

L'analyse complète de ces phosphates a donné les résultats suivants ;

Acide phosphorique	20.97
— carbonique	6.40
— sulfurique	1.20
Chaux	44.46
Oxyde de fer	1.60
Alumine	2.12
Silice	10.50
Magnésie	0.50
Potasse	4.47
Matières organiques azotées	3.12
Eau	0.59
Matières non-dosées	4.07
	100.00

Les nodules de Pernes sont transformés sur place en une poudre impalpable ; pour cela, les produits sont d'abord lavés puis passés au séchoir et de là au concassage et aux appareils qui les réduisent en poudre impalpable par une mouture à haute pression.

Le prix moyen de ces phosphates est de 5 à 6 francs les 100 kilogrammes.

Sables phosphatés du Pas-de-Calais et de la Somme. — En 1886 on a découvert à Orville (Pas-de-Calais) et à Beauval (Somme) dans l'étage de la craie supérieure (terrain sénonien) des gisements de sables phosphatés blancs ou jaunâtres, très riches, renfermant de 70 à 80 p. 100 de phosphates de chaux et qui jusqu'à cette date n'avaient été employés que pour la fabrication des briques.

Ces sables sont déposés dans des cavités de la craie grise qui ont la forme de cônes plus ou moins allongés, dont l'axe est vertical et le sommet à la partie inférieure. Les figures 42 et 43 montrent la disposition de ces importants gisements.

Dans les zônes riches, les vides coniques sont pres-

que complétement remplis par les dépôts phosphatés qui s'épanchent par dessus les bords et forment une couche continue qui recouvre tous les pointements et toutes les sinuosités de la roche encaissante.

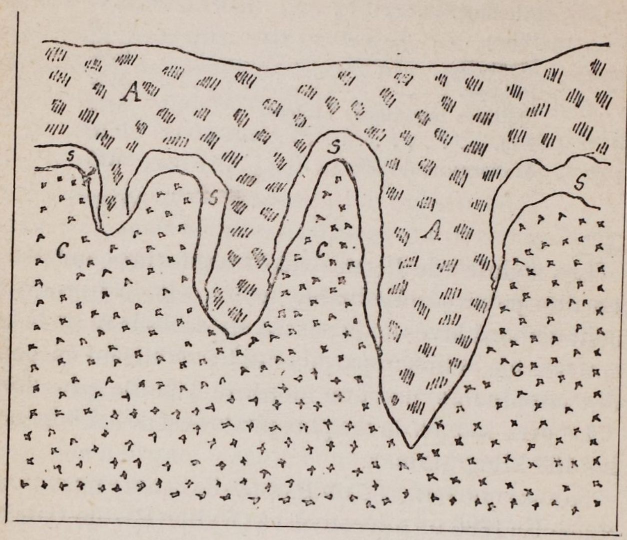


Fig. 42. — Phosphates de Beauval.
A. Argile et silex. *S*. Sables phosphatés. *C*. Craie.

Dans les parties pauvres, les sables forment un enduit qui recouvre la craie sur une épaisseur de 30 à 40 centimètres, ce qui n'existe souvent que dans la partie inférieure de la cavité conique. On n'a plus alors qu'une série de petits amas isolés les uns des autres en forme de poche.

Souvent les dépôts de sables phosphatés alternent avec des lits d'argile noire, riche en matières organiques.

On voit qu'il n'y a rien de plus irrégulier que l'al-

lure de ce gisement, fait remarquer M. Piot, ingénieur civil des mines ; en certains points, il est près de la surface et, en d'autres, à quelques mètres de distance, il est recouvert d'une épaisseur de 6 à 8 mètres de terrain stérile.

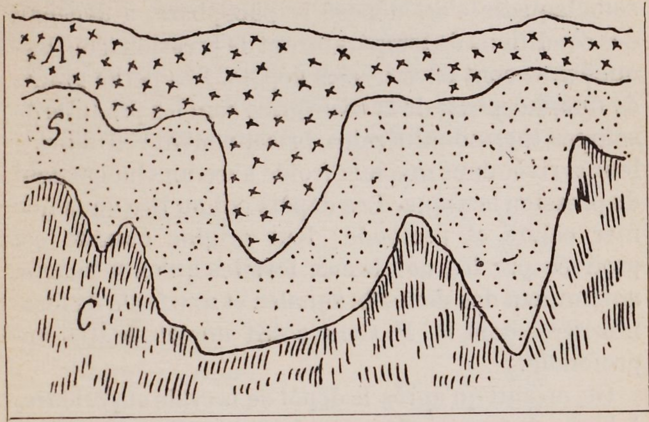


Fig. 43. — Phosphates d'Orville
A. Argile e silex. *S*. Sables phosphatés. *C*. Craie

Le mode de formation de ces phosphates arénacés a été étudié par M. Fuchs, et présente le plus grand intérêt.

Ils proviennent de la craie encaissante, craie à belemnites, qui renferme de petits grains de phosphates, de couleur brune à structure oolithique. Le diamètre des grains est à peine de quelques dixièmes de millimètres; la craie renferme de 3 à 5 p. 100 de ce phosphate de chaux.

Il paraît plus que probable que le phosphate et le carbonate de chaux des couches crayeuses de la Somme et du Pas-de-Calais, ont été produits dans des mers re-

latìvement tranquilles, qui ont permis la précipitation lente des sels calcaires. Suivant l'action plus ou moins active des sources sous-marines, et d'après la proportion d'acide phosphorique émise par ces sources, les teneurs relatives en phosphate et en carbonate de chaux ont dû varier d'un moment à l'autre; la forme sous laquelle s'est déposé le phosphate, a dépendu des conditions de température et de pression dans lesquelles se sont effectués les dépôts. Les petits grains de fluophosphate de la craie grise sont les produits de sources thermo-minérales, brusquement refroidies à leur arrivée dans une mer froide avec un changement de pression brusque. Les dépôts ont eu lieu dans une mer calme et profonde ; leur origine marnée est prouvée par les nombreux fossiles qu'on y trouve, notamment des dents de squales et une foule de foraminifères dont M. F. Canu a fait une étude très approfondie.

Or, on sait qu'après le dépôt de la craie supérieure, à la fin de la période crétacée et au commencement de l'époque tertiaire, le soulèvement des Pyrénées occasionna un vaste mouvement des mers. Sous l'action des tourbillons produits par ce phénomène géologique, les crevasses existant dans la craie furent corrodées par des silex de la craie, animés eux-mêmes de mouvements giratoires. C'est ce qui explique que les parois des poches renfermant le sable phosphaté sont striées et corrodées.

La violence des remous s'étant calmée, la mer plus calme a laissé déposer les matières en suspension provenant de la dislocation de la craie à belemnites, c'est-à-dire des débris de coquilles, des dents de squales, des os de poissons, du phosphate, du carbo-

nate de chaux et de l'argile. Ces matières se sont alors déposées par ordre de densité, aussi est-ce contre les parois des cavités qu'on trouve les matières les plus lourdes, le phosphate de chaux riche de 3,2 de densité, puis un mélange de phosphate et de carbonate d'une densité moindre 2,8 environ, enfin, au milieu de la poche, une couche concentriqne d'argile phosphatée ayant une densité de 2, 2 ou 2.

M. Pagnoul, directeur de la station agronomique d'Arras a analysé un grand nombre de ces sables.

Voici l'analyse complète d'un échantillon provenant d'Orville :

Acide phosphorique.	35.30
Chaux	41.72
Péroxyde de fer.	2.50
Alumine	0.85
Magnésie.	0.19
Acide carbonique.	1.60
Matières organiques.	5.00
Divers.	2.99
Résidus siliceux.	9.85
	100.00

Ces sables phosphatés sont employés directement dans la fertilisation des terres, toutefois la plus grande partie sert à la fabrication des superphosphates, et sont appelés à remplacer dans ce but les phosphates en roches employés jusqu'aujourd'hui.

L'importance des gisements d'Orville et de Beauval est évaluée à environ 1.500.000 tonnes de phosphaste riche. La production annuelle dépasse 200.000 tonnes. Tout récemment encore (janvier 1891) d'autres gisements de sables ont été découverts à Auxi-le-Château.

On a également découvert dans le département du Nord, à Quiévy, (arrondissement de Cambrai) un dépôt de phosphate de chaux ayant quelque analogie avec les sables ci-dessus. Ce phosphate est enfoui dans des poches de craie blanche, la profondeur des couches varie entre 50 centimètres et 4 mètres. L'étendue de ces gisements est évaluée à une centaine d'hectares.

D'après les analyses faites par MM. Dubernard à Lille, M. Pagnoul à Arras, M. Lechartier à Rennes, MM. Maret et Delattre à Paris, etc., on peut assigner au phosphate de Quiévy, la composition suivante :

Acide phosphorique	12 »	à 16 0/0
Potasse	0.45	2.77
Chaux	19.05	31.00
Magnésie	0.58	3.80
Matières organiques azotées	1.80	3.45
Acide carbonique	2.60	4.90
Acide sulfurique	0.55	0 67
Oxyde de fer	6.80	8.40
Alumine	3.20	5 »
Soude	0.71	0.90
Matières insolubles (silice, argile, etc.)	30.30	32.20

Phosphates du Quercy. — Pour terminer ce qui a rapport aux gisements de phosphates de France, nous devons dire quelques mots des phosphates du Quercy (Lot et Tarn-et-Garonne) qui ont une certaine renommée ; ils sont situés dans le terrain jurassique.

Ces phosphates découverts en 1869 par M. Poumarède sont surtout exploités à Caylus (Tarn et Garonne) et à Gajarc (Tarn).

Ce ne sont plus ni des nodules, ni des sables, mais bien une roche amorphe, grise ou blanc mat, de couleur blanche ou chamois, quelquefois jaune ou rouge, suivant les proportions d'oxyde de fer. Elle se ren-

contre en masses compactes ou mamelonnées ressemblant beaucoup, comme aspect, à la calamine ou carbonate de zinc.

Ce qui caractérise les phosphates du Quercy, au point de vue chimique, c'est la présence constante de l'iode que l'on ne rencontre en aussi grande proportion dans aucun autre phosphate minéral. Ce corps y a été découvert par M. Fremy, il y en a de 5 à 7 pour 1000. La teneur en phosphate de chaux varie de 40 à 80 p. 100, 65 en moyenne. Voici d'ailleurs deux analyses de ces phosphates, ce sont des échantillons pauvres :

	Lot.	Tarn-et-Garonne
Phosphate tribasique de chaux.	45	45
Carbonate de chaux.	15	25
Alumine, fer, manganèse.	18	16
Autres éléments (silice, fluor, iode, etc.). .	22	14
	100	100

Un intéressant rapport adressé au Ministre des Travaux publics par les Ingénieurs du service des Mines de l'arrondissement minéralogique de Rodez, nous apprend que l'exploitation des gîtes de phosphate de chaux du Quercy a mis au jour une quantité considérable d'ossements fossiles remarquables par leur belle conservation. Grâce aux travaux de MM. Gervais, Gaudry, Filhol, (1) cette faune des phosphorites est aujourd'hui une des plus riches et des mieux connues de la période tertiaire. Elle est caractérisée par la présence simultanée de formes généralement considérées les unes comme éocènes, les autres comme miocènes ; c'est ainsi qu'on y rencontre le *Palæotherium* et l'*Anaplotherium*, à côté du Rhi-

(1) Voy. Filhol. *Les Phosphorites du Quercy.*

noceros et de l'Anthracotherium. On aurait pu croire dès lors que le dépôt des phosphates de chaux avait commencé à l'époque de l'éocène supérieur et s'était prolongé jusque pendant la période miocène inférieure.

Mais si l'on examine de plus près les types considérés comme éocènes, on voit que dans leur ensemble ils présentent un caractère plus récent que les formes correspondantes du gypse parisien : les Anoplotherium vrais sont remplacés par des *Eurytherium*, type voisin, mais plus évolué, et les Palœotherium cèdent presque complétement la place aux Paloplotherium. Les formes miocènes , au contraire, ont un caractère ancien : les Rhinoceros présentent des formes de passages aux *Lophiodon* et les Ruminants n'ont pas encore atteint le degré d'évolution des ruminants du calcaire de la Beauce ou du calcaire de la Limagne.

D'un autre côté, si dans le bassin parisien la faune éocène à Palœotherium paraît si distincte de la faune miocène à Anthracotherium (1) c'est uniquement par suite de la lacune qui existe entre la faune du gypse et celle des calcaires de Beauce.

Dans le bassin de la Garonne, où la série est plus complète, on a depuis longtemps signalé à Villebramor et à Montans la coexistence, dans les mêmes couches, du Palœotherium et du Paloplotherium avec le Rhinoceros et l'Anthracotherium. Ces couches viennent stratigraphiquement se placer sur un horizon qui paraît peu différent de celui du calcaire de Brie. M Gaudry (2), rapporte à cette même époque

(1) Voy. Stanislas Meunier, *Géologie des environs de Paris*. Paris, J.-B. Baillière et fils, 1875, 1 vol. in-8.

(2) Gaudry. *Enchainements des mammifères tertiaires*,

la faune des phosphorites et nous ne pouvons que nous ranger à la même opinion. Nous serions donc porté, conclut M. Douvillé, à attribuer ces dépôts plutôt à la base du miocène qu'au sommet de l'éocène, où on les a le plus souvent placés jusqu'ici.

Comme on le voit, les phosphates du Quercy ne présentent pas seulement un intérêt agricole de premier ordre, mais ils viennent encore fournir aux géologues et aux paléontologistes des documents d'une haute valeur scientifique et philosophique.

La production actuelle des phosphates du Quercy, quoique moins importante qu'il y a une quinzaine d'années n'en atteint pas moins 25,000 tonnes en moyenne, par an. Les produits sont utilisés de trois manières :

1° Les plus riches (70 0/0 de phosphates) sont livrés aux usines de produits chimiques pour l'extraction du phosphore;

2° Les moins riches (50 à 60 0/0) sont vendus aux fabricants de superphosphates;

3° Enfin les bas titres (50 à 20 0/0) sont achetés et employés en nature par l'agriculture des régions schisteuses et granitiques du plateau central.

Scories de déphosphoration.

Quoique produits par l'industrie métallurgique, au lieu d'être des produits naturels, les scories de déphosphoration ont beaucoup d'analogie avec les phosphates naturels, aussi est-ce par l'examen de ces matières fertilisantes, d'ailleurs utilisées depuis quelques années seulement, que nous terminons ce chapitre.

Ces scories sont les résidus de fabrication qu'on obtient dans la préparation de l'acier par le procédé Thomas et Gilchrist.

Ce procédé consiste dans le traitement de la fonte au convertisseur Bessemer, ou dans les fours Martin Siemens, par de la chaux caustique pendant la transformation en acier. On obtient ainsi de l'acier débarrassé du phosphore, qui reste dans la scorie alcaline. On emploie, dans ce traitement, des appareils revêtus intérieurement d'une couche de dolonice calcinée, seule matière qui ait pu jusqu'à présent résister aux fondants alcalins.

Jusque dans ces dernières années, ces scories constituaient des résidus encombrants en raison de leur énorme volume, ce n'est que depuis 1882 qu'on a songé à utiliser ces substances comme engrais, imitant en cela les Allemands qui en font usage depuis de nombreuses années.

La valeur de ces laitiers réside tout entière, cela va sans dire, dans leur teneur en acide phosphorique, mais celle-ci varie beaucoup avec la nature des fontes, mises en œuvre et le mode de production des scories M. L. Grandeau, d'après les nombreuses analyses faites par lui et dans divers laboratoires français et étrangers, indique les écarts suivants :

Acide phosphorique	7	à	20 0/0
Chaux	36		45
Magnésie	3		8
Silice	6		8
Protoxyde de fer	12		22
Protoxyde de manganèse	4		6
Acide sulfurique	0.2		0.6
Alumine	1		12

Les matières utiles pour la végétation contenues dans ces résidus, sont donc : l'acide phosphorique, la chaux, la magnésie et aussi l'oxyde de fer.

Réduites en poudre les scories sont livrées aujourd'hui à l'agriculture au prix de 0 fr. 20 à 0 fr. 30 le kilogramme d'acide phosphorique. Néanmoins, on met les scories à la disposition des cultivateurs, sous deux états, soit moulues et blutées soit délitées à l'air et tamisées à la claie. En France, il n'y a guère que l'usine du Creusot qui livre des scories broyées, les autres usines livrent des phosphates métallurgiques délités à l'air, ces dernières sont moins efficaces. Enfin, comme nous verrons au chapitre suivant, il existe en Allemagne et en Angleterre des usines où l'on transforme les scories Thomas en phosphates précipités.

Ce qui caractérise ces engrais, c'est que le phosphate est beaucoup plus soluble dans les réactifs faibles que celui des phosphates minéraux. M. Millot, professeur à l'Ecole d'agriculture de Grignon, a indiqué pour la première fois cette solubilité, et on admet que les phosphates sont d'autant plus faiblement assimilables qu'ils sont plus solubles dans ces réactifs (1). Depuis cette époque, on a fait de nombreux essais de culture avec ces scories, et on a constaté qu'elles donnaient des résultats comparables aux superphosphates dans les sols où les phosphates naturels n'avaient que peu ou pas d'action.

La solubilité dans l'acide acétique à 8 degrés varie de 8 à 60 pour 100 de l'acide phosphorique total.

Elle est nulle pour les phosphates des Ardennes

(1) Voy. *Annales agronomiques*, 1881.

et du Nassau; pour les phosphates du Lot, elle est de 11 à 28 pour 100.

La solubilité dans l'oxalate d'ammoniaque varie de 13 à 35 pour 100; elle est dans les coprolithes de 30 à 35, et pour les phosphates du Lot de 15 à 25 pour 100.

Enfin, dans le citrate d'ammoniaque, qui ne dissout que des traces des phosphates naturels, elle est, pour les scories, de 13 à 32 pour 100.

La solubilité dans les réactifs faibles est donc beaucoup plus considérable que celle des phosphates naturels, ce qui explique les résultats obtenus avec ces scories. Mais dans les expériences agricoles, on doit tenir compte de la forte proportion de chaux, 50 pour 100 environ; cette chaux est en majeure partie à l'état de bisilicate, qui est décomposé par l'acide carbonique. On obtient donc, en même temps que l'action du phosphate, un chaulage dont l'action s'ajoute à celle du phosphatage.

CHAPITRE IV

ENGRAIS PHOSPHATÉS INDUSTRIELS

Superphosphates.

Dans les engrais phosphatés étudiés jusqu'ici, nous avons toujours trouvé l'acide phosphorique à l'état de phosphate tribasique, c'est-à-dire insoluble et ne devenant que lentement assimilable. Mais l'agriculture a souvent besoin d'acide phosphorique plus directement absorbable et c'est dans ce but que l'industrie des engrais fabrique au moyen des matières premières précédemment examinées et avec des phosphates d'os, des matières fertilisantes plus actives qui sont désignées dans le commerce sous les noms de *superphosphates* et de *phosphates précipités*.

Nature et composition des superphosphates. — C'est en 1840 que Liebig conseilla de traiter les phosphates de chaux tricalciques par l'acide sulfurique, pour le ramener à l'état de phosphate acide, soluble dans l'eau.

Toutefois, la théorie de la fabrication n'est pas aussi simple qu'on serait tenté de le croire, elle n'est pas seulement représentée par la réaction suivante que les auteurs donnent le plus souvent :

$$\underbrace{PhO^5\,3\,CaO}_{\text{Phosphate tricalcique,}} + \underbrace{2\,SO^3\,HO}_{\text{Acide sulfurique}} = \underbrace{2\,SO^3\,CaO}_{\text{Sulfate de chaux,}} + \underbrace{PhO^5\,CaO\,2HO}_{\text{Phosphate acide,}}$$

D'après M. Frémy (1) la formation du superphosphate passerait par deux phases successives :

1° Mise en liberté des 2/3 de l'acide phosphorique ;

2° Attaque du phosphate tricalcique resté intact par l'acide ainsi formé.

Toutefois, dès 1860, M. Dehérain avait démontré que dans les superphosphates commerciaux, l'acide sulfurique donnait naissance à de l'acide phosphorique libre en grande quantité (2).

M. Millot a démontré ensuite que lorsqu'on attaque du phosphate de chaux par l'acide sulfurique en employant la quantité d'acide suffisante pour transformer en plâtre la chaux du carbonate et les deux tiers de celle du phosphate, on constate toujours, après refroidissement de la masse, la présence d'acide phosphorique libre et qu'il reste du phosphate et même du carbonate non attaqués.

La proportion d'acide phosphorique mise en liberté varie suivant les cas, elle est d'autant plus forte que :

1° Les poudres sont moins fines, les grains se recouvrent d'une couche de sulfate de chaux qui empêche l'attaque immédiate de l'intérieur des grains ;

2° Que l'acide est plus concentré et par conséquent la température plus élevée ;

3° Que le phosphate est d'une texture plus ou moins facilement attaquable à l'acide.

Cet acide mis en liberté dans la masse en présence de phosphate inattaqué, réagit sur ce dernier ; la proportion de phosphate acide et, par conséquent, la solubilité augmente. Ce n'est que lorsque l'acide est

(1) Frémy. *Encyclopédie chimique*, 1883

(2) Dehérain, *Recherches sur l'emploi agricole des phosphates*, 1860 (Académie des sciences).

en défaut et le phosphate très attaquable, qu'il se forme du phosphate bicalcique. L'acide phosphorique est beaucoup moins énergique que l'acide sulfurique, et, avec les proportions indiquées, il reste toujours un peu d'inattaqué, même après un temps très long.

De plus, M. Kolb a montré que dans la préparation des superphosphates où on emploie des poudres sèches et de l'acide relativement concentré, les réactions ne sont pas les mêmes qu'avec de l'acide étendu.

M. Kolb explique ces phénomènes de la façon suivante : en mélangeant l'acide sulfurique à 53 degrés et le phosphate, on constate une élévation de température pouvant aller à 120 et même à 150 degrés (cette haute température n'est atteinte que quand les matières en présence sont en quantités considérables). Dans ces conditions, il ne peut pas se faire de phosphate acide : 1° le phosphate monocalcique même en solution se décompose partiellement et donne un précipité de pyrophosphate bicalcique ; 2° entre 120 et 150 degrés, le plâtre devient anhydre et celui-ci décompose le phosphate monocalcique en absorbant l'eau nécessaire à ce dernier ; 3° si l'on met l'acide sulfurique en présence de phosphate monocalcique et tricalcique, l'acide laisse le phosphate tricalcique intact et décompose l'autre.

Toutes ces considérations montrent que la composition chimique des superphosphates doit être très variable, au moins quantitativement, non seulement avec le degré de concentration de l'acide employé, mais encore avec la nature des phosphates qui ont servi à les fabriquer. C'est ce que montrent les chiffres contenus dans le tableau ci-après donnant les ana-

lyses exécutées par le Dr Vœlcker de divers superphosphates ayant des origines différentes.

	SUPERPHOSPHATES PROVENANT DE :			
	Coprolithes et poudre d'os	Minéral.	Coprolithes	Poudre d'os
Eau	22.83	19.26	8.96	24.33
Matière organique	4.88	16.12	9 53	5.04
Bi-phosphate de chaux (soluble).	8.28	6.38	17.80	17.00
Equivalent au phosphate tricalcique	(12.91)	(9.94)	(27.87)	(26.52)
Phosphates insolubles. . .	16.21	22 16	7 80	9.89
Magnésie. . . . . } Sels alcalins.. . . . . }	5.53	5.16	49.46 (Magnésie, Sels alcalins, Sulfate de chaux)	2.81
Sulfate de chaux.	37.42	25.10		39.25
Matières siliceuses insolubles.	4 85	5.82	6.45	1.68
	100 00	100 00	100.00	100.00

Toutefois, nous insistons sur ce point, que les variations sont surtout quantitatives et non qualitatives, car dans tous les superphosphates, régulièrement fabriqués, on trouve en plus ou moins grande proportion, il est vrai :

Du phosphate de chaux monocalcique.
— — — bicalcique
— — tricalcique non attaquée,
— — de fer et d'alumine,
e l'acide phosphorique libre,

Du sulfate de chaux,
— de magnésie,
Du carbonate de chaux non attaqué,
Du fluorure de calcium non attaqué,
De l'acide sulfurique libre,
Des matières inertes.

Fabrication des superphosphates. — Il faut tout d'abord être fixé sur la quantité d'acide sulfurique à employer, pour cela il est indispensable de connaître exactement la composition chimique du minerai sur lequel on opère, surtout le dosage exact des substances qui sont attaquées par l'acide. Les proportions reconnues les meilleures sont de prendre la quantité d'acide nécessaire pour attaquer la chaux du carbonate et du fluorure et deux équivalents et demi d'acide pour un de phosphate. Il suffit alors d'avoir le dosage de la chaux et de l'acide phosphorique du phosphate. On en déduit :

Phosphate de chaux	1 eq. de chaux 2 eq. 1/2 d'acide.
Carbonate et fluorure	1 eq. de chaux. 1 eq. d'acide.

On détermine la quantité d'acide sulfurique anhydre correspondante et on a la proportion d'acide à 53 degrés, sachant que celui-ci renferme 67 p. 100 d'acide anhydre. M. Kienlen a indiqué (1) un mode de détermination très-pratique de la quantité d'acide à employer, lorsqu'on ne connaît pas l'analyse exacte de la matière première. On introduit 20 grammes de poudre fine du phosphate à essayer dans un ballon jaugé de 1 litre, on y ajoute un excès d'acide sulfuri-

(1) *Moniteur scientifique*, 1884.

que à 33 degrés (c'est-à-dire contenant 500 grammes d'acide monohydraté par litre), par exemple, 40 centimètres cubes renfermant 20 grammes d'acide. On chauffe pendant deux heures au bain-marie à la température de 50 degrés, on laisse refroidir et on complète le volume de un litre. On prélève 50 centimètres cubes représentant 1 gramme de phosphate et 1 gr. d'acide et on titre l'excès d'acide avec une solution normale de potasse, jusqu'à ce que le trouble qui se forme dans la liqueur et qui est dû à la précipitation de phosphate basique ne se redissolve plus par agitation.

L'acide sulfurique en excès dans la liqueur a été neutralisé par la solution alcaline et il ne reste plus que l'acidité due au phosphate monocalcique en solution. Connaissant la quantité d'acide neutralisé, on le retranche de la quantité primitive, 1 gramme, et on a la proportion d'acide monohydraté nécessaire à l'attaque de 1 gramme de phosphate. On la ramène à 100 grammes et à la quantité correspondante d'acide à 53 degrés.

Arrivons maintenant au côté pratique de la fabrication des superphosphates. Le phosphate est d'abord réduit en poudre fine après avoir été desséché au four; cette pulvérisation se fait au moyen de meules ou de broyeurs (fig. 44), suivant la dureté du produit.

Les nodules sont concassés à une grosseur déterminée par l'écartement des deux plaques d'un concasseur ; on obtient ainsi des morceaux de 1 à 2 centimètres, et l'on fait alors passer la matière entre deux cylindres de même diamètre (fig. 45) à surface très résistante. On emploie généralement la fonte trempée. Les cylindres peuvent tourner autour

d'axes métalliques portés par un solide bâti de fonte; les coussinets de l'un des cylindres sont fixes, les coussinets de l'autre sont mobiles dans une glissière horizontale pour éviter les bris d'appareil si la résis-

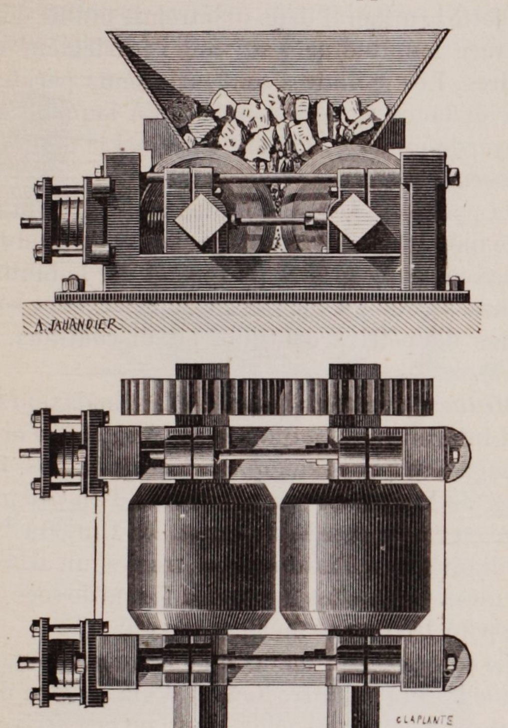


Fig. 44 et 45. — Cylindres de mouture des notules (plan et coupe).

tance devenait trop considérable. Pour cela ils sont pressés l'un contre l'autre par un ressort à pression variable formé par d'épaisses rondelles de caoutchouc vulcanisé que séparent de minces plaques de tôle.

Si un objet dur s'introduit entre les cylindres, les ressorts fléchissent et le fragment passe sans altération. Les deux cylindres se commandent l'un l'autre par l'intermédiaire d'engrenages calés sur leurs axes. On jette le minerai dans une trémie munie d'une ouverture longitudinale suivant l'écartement des cylindres. Les cylindres sont maintenus par des cales à la distance égale à la grosseur à laquelle on veut broyer le minerai. On obtient ainsi la matière de la grosseur d'un grain de blé (1).

La poudre est ensuite blutée dans des blutoirs en toile métallique. De là, la poussière se rend dans un malaxeur et les grains qui restent sur le blutoir sont repassés sous les meules. Ces malaxeurs sont des sortes de pétrins continus ou discontinus. (fig. 46 et 47).

Malaxeurs discontinus. — Les malaxeurs à travail intermittent, employés en Angleterre et en Allemagne, tels que ceux que construit M. Jos. Pallemberg, de Mannheim, ont la forme d'un pétrin circulaire en fonte, demi-sphérique, de 1 m.30 à 3 mètres de diamètre. A l'intérieur se trouve un arbre vertical muni de palettes B ayant la forme de socs de charrue pour brasser le mélange (fig.46).

Le couvercle du malaxeur porte deux couvertures. L'une P sert à l'introduction de la poudre de phosphate et à celle de l'acide que l'on fait arriver lentement d'un réservoir R pour que l'un ne soit pas en excès sur l'autre. La seconde ouverture A communique avec une cheminée pourvue d'un fort tirage,

(1) Dictionnaire d'agriculture, encyclopédie agricole complète par Barral et Sagnier. Art. phosphates, Paris, Hachette et Cie.

pour enlever les vapeurs produites pendant l'opération. Quand les proportions convenables de phosphate et d'acide ont été introduites, on continue à faire tourner l'agitateur pendant quatre à cinq minutes; après l'achèvement des réactions, on ouvre une trap-

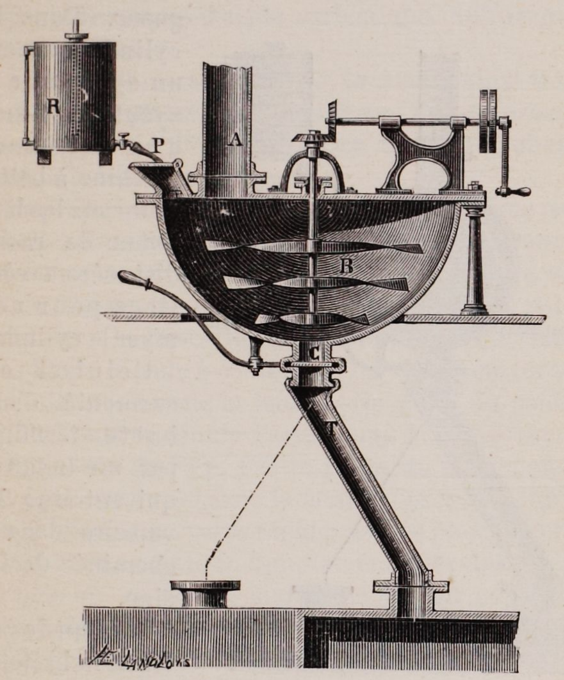


Fig. 46. Malaxeur discontinu de Jos. Pallemberg.

pe C qui ferme la partie inférieure du pétrin; le superphosphate encore fluide tombe par des conduits T, soit dans des chambres en briques où il se solidifie et qui sont disposées sous le malaxeur comme dans le travail continu, soit dans des wagonnets pouvant

recevoir toute une charge et qui servent à le transporter aux magasins.

Dans l'usine Rohart, à Aubervilliers, on emploie un malaxeur discontinu (fig. 47) formé d'un cylindre de 1 mètre de diamètre, sur 1 m 30 à 1 m. 40 de longueur. Dans le cylindre se meut un agitateur B ayant la forme d'un batteur de machine à battre muni sur les barreaux de racles disposées en hélices pour nettoyer le cylindre.

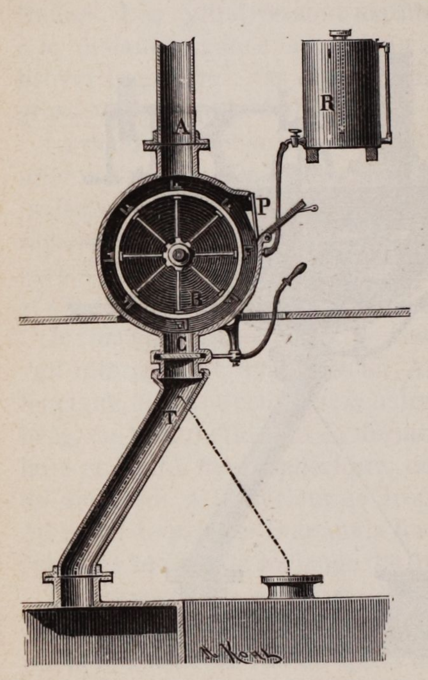


Fig. 47. — Malaxeur discontinu de Rohart.

Celui-ci est surmonté d'une boîte terminée par un tuyau A qui entraîne les vapeurs dans la cheminée de l'usine.

Sur l'un des côtés de la hotte, se trouve une ouverture que ferme une toile et par laquelle on introduit le mélange de phosphates. Un vase jaugé R, disposé en flacon de Mariotte pour donner un écoulement constant, renferme l'acide qui coule dans un cylindre par un tube muni d'un robinet.

L'opération terminée, on ouvre une trappe de fond C, qui se meut entre des glissières et le superphosphate tombe par un conduit T dans des chambres où il s'accumule et fait prise (1).

Pendant l'opération du malaxage, il se dégage des vapeurs irritantes d'acide carbonique, sulfurique et fluorhydrique.

Au bout d'un certain temps la masse ainsi traitée se durcit, le plâtre qu'elle renferme faisant prise, on brise le bloc à la pioche et les morceaux obtenus sont pulvérisés au broyeur.

La préparation des superphosphates sur une petite échelle, dans les fermes par exemple, est beaucoup plus simple. On se sert d'un bassin en bois de 10 ou 15 cm. de profondeur, placé au niveau du sol, en plein air; le bois s'imprègne de plâtre qui résiste très-bien à l'acide à 53 degrés; on verse une certaine quantité d'eau dans le bassin (le quart du poids de l'acide) puis on ajoute l'acide dans la proportion approximative de 95 p. 100 du poids du phosphate tricalcique renfermé dans la matière première. Ce mélange effectué on verse rapidement le phosphate pulvérulent et on agite énergiquement avec des rateaux en bois ou en fer de manière à obtenir une masse bien homogène. Le superphosphate ainsi produit est mis en tas et abandonné à lui-même; quand il a durci on l'écrase et on le pulvérise à la pioche et à la pelle.

Néanmoins, il faut remarquer qu'aujourd'hui le prix des superphosphates est trop peu élevé pour que le cultivateur ait intérêt à fabriquer lui-même cet engrais.

(1) *Dictionnaire d'agriculture,* Encyclopédie agricole compléte, par J. A. Barral et Sagnier. Art. phosphates, Paris, Hachette et Cie.

D'ailleurs les malaxeurs perfectionnés aujourd'hui en usage, donnent un produit beaucoup plus parfait.

Rétrogradation. — Dans le superphosphate, obtenu par l'un ou l'autre de ces procédés, se trouvent toutes les substances qui existaient dans le phosphate naturel et en plus le plâtre qui a pris naissance pendant la réaction, il constitue un poids mort que le cultivateur doit néanmoins payer ; on cherche autant que possible à diminuer ces matières inertes, en employant comme matières premières des substances très riches en phosphate tri-calcique. De plus, ces substances étrangères ont un autre inconvénient, c'est de réagir sur le phosphate soluble formé et d'en ramener rapidement une partie à l'état insoluble, notamment la réaction de l'acide phosphorique libre sur le phosphate et le carbonate de chaux non attaqués :

$$\underbrace{2\,(PhO^5\ 3\ CaO)}_{\text{Phosphate.}} + \underbrace{PhO^5\ 3\ HO}_{\text{Acide. phosphorique.}} = \underbrace{3\,(PhO^5\ 2\ CaO\ HO)}_{\text{Phosphate. bicalcique.}}$$

$$\underbrace{2\,(Ca,O\ CO^2)}_{\text{Carbonate de chaux.}} + \underbrace{PhO^5\ 3\ HO}_{\text{Acide phosphorique.}} = \underbrace{PhO^5,\ CaO\ HO}_{\text{Phosphate de calcique}} + \underbrace{2\ HO}_{\text{Eau}}$$

$$+ \underbrace{2\ C\ O^2}_{\text{Ac. carbonique.}}$$

Enfin, le phosphate de chaux lui-même peut réagir sur le phosphate tri-calcique non attaqué et donner encore du phosphate bi-calcique, en vertu de cette réaction :

$$\underbrace{PhO^5\ CaO\ 2\ HO}_{\text{Phosphate monocalcique.}} + \underbrace{PhO^5 3CaO}_{\text{Phosphate tri-calcique.}} = \underbrace{2\,(PhO^5\ 2\ CaO\,HO)}_{\text{Phosphate bicalcique.}}$$

En outre, les phosphates de fer et d'alumine réagis-

sent de leur côté et augmentent la rétrogradation c'est-à-dire l'insolubilisation, qui est plus grande dans les produits contenant de l'oxyde de fer et de l'alumine.

M. Millot (1) a constaté, par exemple, que dans 100 kilogr. de poudre de nodules, qui avaient fourni 160 kilogrammes de superphosphate, il y avait à la fin de l'opération :

Acide phosphorique soluble.............	15.70
— — insoluble...........	4.30
	19.70

Tandis que six semaines plus tard il y avait:

Acide phosphorique soluble.............	9.00
— — insoluble...........	10.70
	19.70

Cette rétrogradation est une source constante de contestations entre les agriculteurs et les fabricants d'engrais, particulièrement en Angleterre et en Allemagne, où l'habitude est de payer seulement l'acide phosphorique soluble dans l'eau pure. En France, le dosage porte sur tout l'acide soluble dans le citrate d'ammoniaque, ce qui revient à dire que le phosphate bicalcique est payé le même prix que le phosphate acide.

Superphosphate Packard.— Un procédé, imaginé par MM. Packard et Muller, est employé en Angleterre et en Allemagne pour fabriquer des superphosphates très riches. Il consiste à préparer avec les phosphates pauvres de l'acide phosphorique que l'on em-

(1) *Bulletin de la Société chimique* ; t. *XVIII*.

ploie ensuite à la place de l'acide sulfurique, pour la fabrication du superphosphate.

L'attaque par l'acide sulfurique du phosphate pauvre, que l'on choisit, autant que possible, dit M A. Favier, à gangue siliceuse, pour diminuer la quantité d'acide à employer, se fait comme précédemment, mais en employant des malaxeurs superposés. Après une heure de trituration dans le premier, la masse passe dans le second où l'action de l'acide se continue. Le produit ainsi obtenu est ensuite étendu d'eau de manière à pouvoir passer dans des filtres-presses. La solution qui en sort contient 7 à 8 pour 100 d'acide phosphorique ; elle coule directement dans une étuve, puis dans des fours de concentration où elle est amenée à une densité de 1.5 à 1.6. Sous cet état, l'acide phosphorique est employé pour transformer en superphosphates, les phosphates naturels que l'on choisit généralement très riches, de manière à obtenir des produits qui titrent jusqu'à 40 pour 100 d'acide phosphorique soluble dans l'eau (1).

Phospho-guano

NATURE DU PHOSPHO-GUANO. — SA PRÉPARATION. — Cet engrais, dont l'usage est très répandu en Angleterre et en France, a été fabriqué, pour la première fois, par la maison Peler-Lawson.

La matière première est constituée par des guanos lavés par les pluies, tels que ceux des îles Jervis, Baker, Swan, etc. Ces produits renferment de 60 à 65 p. 100 de phosphate de chaux et une quantité variable d'azote ; toutefois ils constituent avant tout des engrais phosphatés.

(1) A. Favier : *L'azote et le phosphore* (essai de statique agricole) Revue scientifique 1887.

La quantité d'acide sulfurique à 53 degrés nécessaire pour solubiliser ce phosphate en formant du phosphate acide de chaux est suivant, M. Millot, de 55 à 60 pour 100.

On met l'acide dans des cuves rectangulaires de fonte, on y fait dissoudre une certaine quantité de sulfate d'ammoniaque telle, que le produit sec contienne par exemple 3 p. 100 d'azote, ce qui représente environ 25 de sulfate pour 100 de phosphate traité. Quand la dissolution est opérée, on jette le phosphate à la pelle dans une cuve et on agite jusqu'à solidification.

Lorsque les réactions sont terminées, on retire la masse qui a fait prise et on l'emmagasine. Quand le produit est sec, on le pulvérise au broyeur.

On obtient ainsi un engrais qui agit d'une manière différente qu'un mélange de superphosphate et de sulfate d'ammoniaque. Dans l'attaque, le phosphate acide de chaux formé est décomposé par le sulfate d'ammoniaque, et il se forme du sulfate de chaux et du phosphate acide d'ammoniaque.

Ce sel est beaucoup moins facilement décomposé par le carbonate de chaux ou les sesquioxydes de la terre arable que le phosphate acide de chaux ou l'acide phosphorique, il se répand plus profondément dans le sol et d'une façon plus complète. C'est sans doute la raison qui a permis de constater les effets remarquables de cet engrais dans un grand nombre de cas.

MM. Lefèvre et fils sont les importateurs et les propagateurs du phospho-guano en France, ils livrent tous les ans des centaines de milliers de kilogrammes de cet engrais à l'agriculture.

Composition chimique du phospho-guano. — La composition du phospho-guano varie nécessairement avec la nature du guano qui a servi à le fabriquer ; cet engrais renferme en général de 15 à 16 d'acide phosphorique, sur lesquels 14 à 15 sont solubles dans l'eau. La proportion d'azote varie entre 2 et 3 p.100.

Voici d'ailleurs l'analyse complète d'un de ces engrais, faite par M. J. A. Barral :

Eau	13.48
Matières organiques azotées (non compris l'ammoniaque)	24.12
Acide phosphorique soluble, correspondant à 36.02 de phosphate tribasique	16.50
Acide phosphorique insoluble, correspondant à 4. 3 9 de phosphate tribasique	2.01
Acide sulfurique (anhydre)	17.43
Silice insoluble	1.22
Chaux	20.50
Magnésie	0.46
Potasse	0.50
Ammoniaque toute formée	2.79
Alumine, oxyde de fer, traces de chlore, etc	6.99
	100.00

Somme du phosphate tribasique : 36.02 + 4.39 = 40.41

Azote total, 2,43 p. 100, correspondant à 2.95 d'ammoniaque.

Phosphates précipités.

Nature et composition. — En traitant les diverses matières phosphatées, non plus par l'acide sulfurique, mais par l'acide chlorhydrique, on obtient les phosphates précipités. Les phosphates précipités se présentent sous la forme d'une poudre blanche, ordinairement très-fine, très homogène et peu agglomérée

Si ce produit était chimiquement pur, il serait formé uniquement de phosphate bicalcique $PhO^5\ 2\ CaO.(HO.)$ et contiendrait 52 pour 100 d'acide phosphori-

que ; mais quels que soient les soins apportés à sa fabrication, ce résultat n'est jamais atteint et la richesse de ces produits oscille le plus souvent entre 35 et 40 pour 100 d'acide phosphorique.

Il convient de remarquer que la valeur agricole du phosphate bi-calcique a été contestée en Allemagne ; cependant en France, on admet qu'elle égale à peu près celle du superphosphate. Le prix de ces deux composés est, du reste, le même par unité d'acide phosphorique.

La fabrication de la gélatine des os, au moyen de l'acide chlorhydrique fournit une certaine quantité de phosphate bicalcique que l'on obtient en versant un lait de chaux dans la dissolution provenant du traitement des os par cet acide. Mais, en général, les phosphates précipités utilisés par l'agriculture sont obtenus directement en traitant les phosphates minéraux pauvres, d'après des procédés se rapprochant de celui indiqué par MM. Pelouze et Dusart :

« Dans des cuves en bois doublées en plomb et communiquant les unes avec les autres, nous plaçons, disent ces chimistes, les matières à traiter, phosphates naturels, coprolithes, noir animal, et nous y versons un mélange d'eau et d'acide chlorhydrique.

Quand l'acide a macéré dans une cuve, nous l'écoulons dans une seconde et une troisième, si cela est nécessaire ; puis les liqueurs limpides sont réunies et traitées par le carbonate de chaux pulvérisé. Il se produit une effervescence d'acide carbonique et un précipité de phosphate bi-calcique blanc, grenu, cristallin, qui se dessèche et se lave facilement. »(1)

Le précipité contient, en réalité, un mélange des

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. LXVI.

deux phosphates bi-calcique et tri-calcique, et le talent du fabricant est de produire le plus possible du premier. Le procédé de MM. Pelouze et Dusard a été employé pendant quelques années à l'usine de Salindres, en traitant des phosphates du Vaucluse, mais on a vu qu'il était préférable de remplacer le carbonate de chaux par un lait de chaux caustique. En tous cas, il faut achever la précipitation par un excès de chaux.

Phosphates précipités préparés avec les scories de déphosphoration. — En Allemagne et en Angleterre, il s'est installé plusieurs usines où l'on transforme en phosphates précipités (phosphate bicalcique) les scories Gilchrist. Voici comment on opère : la scorie est dissoute dans l'acide chlorhydrique, la liqueur obtenue est traitée par un lait de chaux; le phosphate précipité qui résulte de cette opération est recueilli, lavé et séché; il renferme de 27 à 35 p. 100 de son poids d'acide phosphorique à l'état de phosphate bicalcique.

Par le procédé Scheibler on grille d'abord la scorie pour péroxyder les oxydules, ce qui se fait dans un four à réverbère où les morceaux de la grosseur d'un pois, sont chauffés au rouge vif, puis traités par la vapeur d'eau. Après ce grillage, on pulvérise la matière et on la traite par l'acide chlorhydrique très dilué. La dissolution est additionnée de chaux et il se précipite du phosphate bi-calcique presque entièrement soluble dans le citrate.

Une scorie provenant de Middlesborough, en Angleterre, présentant la composition suivante :

Chaux	41.54
Magnésie	6.13
Alumine	2.60
Protoxyde de fer	14.66
Peroxyde de fer	8.64
Protoxyde de manganèse	3.81
Silice	7.70
Acide phosphorique	14.32
Acide sulfurique	0.31
Soupe	0.23
	99.93

traitée par ce procédé, a donné un phosphate précipité présentant la composition suivante :

Chaux	29.91
Magnésie	0.63
Alumine	1.89
Protoxyde de fer	traces.
Péroxyde de fer	3.62
Protoxyde de manganèse	0.56
Silice	7.53
Acide phosphorique	30.89
Acide sulfurique	5.13
Acidé carbonique	0.28
Eau combinée	11.68
Humidité	7.06
	100.15

Pour terminer ce qui a rapport aux phosphates précipités, nous ferons remarquer que ces engrais sont cependant moins communément employés que les phospho-guanos et surtout que les superphosphates.

CHAPITRE V

EMPLOI DES ENGRAIS PHOSPHATÉS DANS LA FERTILISATION.

Doses à appliquer.

Posphates naturels. — Les phosphates de chaux naturels, lorsqu'on les applique directement peuvent être incorporés au sol, seuls ou mélangés avec d'autres engrais chimiques. En raison de leur lente décomposition, les phosphates naturels seront répandus en automne, toutefois dans quelques circonstances on pourra les répandre en partie au printemps en couverture, additionnés de nitrate, c'est une excellente manière d'éviter la verse des céréales. Les phosphates naturels conviennent surtout aux terres qui n'ont pas un pressant besoin d'acide phosphorique, ils réussissent aussi très bien sur les défrichements ; la dose à appliquer varie avec la richesse du phosphate, néanmoins elle reste comprise, si on emploie le fumier, entre 300 et 600 kilogs. par hectare.

Sur les betteraves, 600 kilogrammes ; sur les blés, 400 kilogs. ; pour l'avoine, le seigle et l'orge 300 kilogs. ; pour le lin et l'œillette, 600 kilogs. ; pour le colza, le tabac, la pomme de terre, les choux, les carottes et les rutabagas, 400 kilogs., constituent une dose convenable. Pour les légumineuses fourragères : trèfle, luzerne, sainfoin, on appliquera 300 kilogs, la même dose sera appliquée aux prairies.

Le phosphate sera enfoui par un léger coup de char-

rue ou à l'extirpateur, de manière à mélanger intimement le phosphate à la terre, sur une épaisseur variant entre 5 et 15 centimètres au plus, selon qu'il s'agit de plantes à racines traçantes ou pivotantes.

Il est encore une autre manière d'incorporer le phosphate naturel au sol, c'est de le mélanger au fumier de ferme, à raison de 1 kilog. par tête de gros bétail et par jour, on évite ainsi l'épandage spécial de l'engrais qui se trouve incorporé en même temps que le fumier à l'entrée de l'hiver. Les phosphates de Pernes sont employés de cette manière par M. de Roosmalen à l'Ecole d'agriculture du Pas-de-Calais. C'est là un excellent mode d'emploi. Sur le lin, le phosphate de Quiévy (Nord) a donné à M. Dubernard, directeur de la station agronomique du Nord, des résultats fort remarquables.

Voici ses chiffres ramenés à l'hectare.

Carré n° 1.

Fumier avant l'hiver.		Résultats.
Superphosphates au printemps, 14/16 0/0 acide		
Acide phosphorique....................	400 k.	Paille. 4.500 k.
Nitrate de soude......................	300	Graine. 950
Sulfate de potasse....................	300	

Carré n° 2.

Fumier avant l'hiver.		
Au printemps : Phosphate de Quievy 14 0/0		
phosphorique..........................	600 k.	Paille. 4.600
Nitrate de soude......................	300	Graine. 1.000
Sulfate de potasse....................	300	

Soit un surplus en faveur du phosphate, de 2 0/0 sur la paille et 5 0/0 sur les graines.

La même somme d'argent avait été mise en phosphate et en superphosphate, marchandise rendue.

En ce qui concerne les scories de déphosphoration

appliquées directement, on peut faire la même recommandation que pour les phosphates naturels, en ce sens que leurs effets seront d'autant plus marqués qu'elles seront en poudre plus fine et plus impalpable.

Plus encore peut-être que pour les autres engrais phosphatés, les scories doivent être associées à des engrais azotés et potassiques, à ce point de vue les agronomes allemands ont surtout donné la préférence au kaïnite dont nous parlons au chapitre suivant, et au nitrate ou au sulfate d'ammoniaque. A ce propos, nous ne saurions mieux faire que de donner ci-contre (tableau) les chiffres indiqués par le Dr Stutzer, directeur de la station agricole de Bonn (Allemagne).

M. Grandeau a fait à la station agronomique de l'Est des expériences comparatives avec les scories et d'autres engrais phosphatés. Voici en résumé les résultats qu'il a obtenus :

	Paille en quintaux.	Grain en quintaux.
Parcelle fumée à 250 k. de nitrate par hectare	15.00	3.20
Parcelle fumée à 250 k. de nitrate et 150 k. d'acide phosphorique en supérphosphates	14.75	9.50
Parcelle fumée à 250 k. de nitrate et 150 k. d'acide phosphorique sous forme de phosphate des Ardennes	33.75	15.00
Parcelle fumée à 250 k. de nitrate et 150 k. d'acide phosphor. sous forme de scories	31.25	20.00

PHOSPHATES PRÉCIPITÉS. — Il résulte des recherches de M. Petermann que dans beaucoup de cas, l'acide phosphorique bibasique de ces phosphates, a une influence à peine inférieure, sinon égale, à celle de l'acide soluble. Ce fait se constate notamment dans les sols sablonneux et calcaires légers, et surtout

	PHOSPHATE BASIQUE.	KAÏNITE.	NITRATE DE SOUDE	*ou* sulfate d'ammoniaque
	Kil	Kil.	Kil.	Kil.
Pour les céréales	400 à 800	100 à 400	100 à 400	75 à 300
Pour les pommes de terre	200 à 400		150 à 300	
Pour les carottes, betteraves à sucre, chicorées, scorsonnères, etc.	400 à 900		150 à 400	
Pour les betteraves fourragères, rutabagas, etc.	500 à 700		150 à 600	
Pour ces trois derniers articles, la fumure potassique directe n'est pas à conseiller ; il vaut mieux fumer abondamment la récolte précédente au moyen de kaïnite.				
Pour les légumineuses en général, pois, fèves, lentilles, lupin, serradelles, trèfle, luzerne, etc	500 à 700	300 à 500		
Pour les prairies (chaque année)	600 à 800	500 à 600	100 à 130	
Pour ces deux derniers articles, M. le docteur Stutzer recommande d'employer dans tous les cas le phosphate basique ordinaire comme coûtant moins cher que l'autre.				
Pour les légumineuses, on pourra employer 75 à 125 kil. de chlorure de potassium au lieu de kaïnite.				
Pour les plantes oléagineuses, pavot, moutarde, colza, navette, etc.	400 à 1200	200 à 600	200 à 500	150 à 400
Pour les plantes textiles (lin, chanvre, etc)	400 à 700	200 à 300	200 à 250	150 à 200
Pour les tabacs (par hectare)	400		130 à 160	100 à 120
Au lieu de kaïnite qui diminuerait le pouvoir combustible du tabac, on donnera ici 50 kil. de sulfate de potasse.				
Pour les houblons (pour 1000 rames)	100	75	25	20
Pour les arbres fruitiers (par fort pied et par an)	1	2	1/2	
Pour les vignes (par 1000 ceps)	100	60	15	

dans les terrains tourbeux. En Allemagne, sur divers points, comme le fait remarquer M. Damseaux, l'acide phosphorique bibasique, entièrement négligé autrefois, est facturé aujourd'hui aux deux tiers du prix du soluble dans l'eau.

On répand le phosphate précipité en automne de préférence, la dose varie entre 200 et 350 kilogrammes par hectare. L'épandage se fait, comme pour le phosphate naturel, mais en accentuant les précautions destinées à éviter la perte des poussières, car celles-ci sont extrêmement légères; l'emploi des semoirs déposant la poudre au fond des raies donne de très-bons résultats.

Superphosphates. — Dans les terres relativement pauvres en acide phosphorique, on préfère employer les superphosphates. Ils donnent à la terre de l'acide phosphorique et de l'acide sulfurique combinés avec de la chaux. Ils entrent dans presque tous les mélanges préconisés par M. Georges Ville.

Des études poursuivies depuis longtemps ont démontré que l'acide phosphorique soluble dans l'eau des superphosphates, est le principal agent de la production du sucre dans la betterave. Il faut donc faire entrer du superphosphate dans la fumure donnée à cette racine. On a encore constaté que dans les terres fortement fumées le manque d'acide phosphorique favorisait beaucoup la verse des céréales, on empêche donc celle-ci par l'emploi des superphosphates.

Les doses à employer sont nécessairement plus faibles que pour le phosphate naturel, elles varient entre 300 et 500 kilogrammes par hectare.

En résumé, les superphosphates sont des engrais qui se distinguent surtout par la prédominance ab-

solue, dans l'acide phosphorique qu'ils renferment, de l'acide phosphorique soluble dans l'eau, quelle que soit leur richesse (et celle-ci est variable), la proportion d'acide phosphorique soluble dans l'eau, par rapport à l'acide qui y est insoluble, ne peut légitimement varier que dans les limites très restreintes. La proportion d'acide phosphorique insoluble dans l'eau, par rapport à celui qui y est soluble, ne dépasse jamais un quart de l'acide phosphorique total, même dans les superphosphates tout à fait inférieurs.

Valeur fertilisante comparative des engrais phosphatés

De l'alinéa qui précède il ne faudrait pas conclure que les superphosphates, en raison de leur solubilité, trouvent seuls leur emploi en agriculture, à l'exclusion des phosphates naturels, des scories et des phosphates précipités, plus lentement assimilables. Il est loin d'en être ainsi.

Il y a quelques années encore, les superphosphates seuls étaient d'un emploi courant en agriculture, les phosphates naturels étaient rejetés, lorsque M. Jamieson d'une part, et M. Grandeau, d'autre part, à la suite d'expériences nombreuses, changèrent cette manière de voir.

Il convient de remarquer que, dans la grande majorité des cas, il n'y a pas avantage à employer les superphosphates plutôt que les phosphates, dans une terre contenant plus de 1 gramme d'acide phosphorique p. 1000, à moins toutefois qu'on ne fasse usage d'engrais azotés très actifs et à fortes doses. Ceci explique pourquoi l'addition de superphosphates dans certains sols, ne semble produire aucun effet ; c'est qu'ils renferment suffisamment d'acide phosphorique. Cependant, comme le fait remarquer

M. Pagnoul, le savant directeur de la station agronomique d'Arras, la détermination de la richesse d'un sol en acide phosphorique n'est pas suffisante pour reconnaître si une addition de phosphate doit constituer une dépense improductive ou rémunératrice, attendu que les engrais qui existent dans le sol peuvent s'y trouver à l'état de réserve non immédiatement assimilable. L'expérience directe sera seule concluante. Elle se fait au moyen de carrés, dont les uns recevront des superphosphates, tandis que les autres n'en recevront pas, *toutes les autres circonstances restant les mêmes.* Des petits carrés d'un cinquième d'are suffisent pour ces essais.

Si les superphosphates ne produisent aucun effet sensible, il ne faut pas en conclure que l'acide phosphorique doit être exclus des engrais employés. Cette exclusion conduirait à un appauvrissement du sol. Seulement, au lieu de superphosphates, on peut employer des phosphates naturels, qui fournissent l'acide phosphorique à un prix deux ou trois fois moins élevé (1).

Ce cas se présente à l'Ecole d'agriculture du Pas-de-Calais où, d'une manière générale, les phosphates naturels donnent de meilleurs résultats que les superphosphates.

Phosphates et superphosphates. — Lorsqu'on emploie le superphosphate, on apporte au sol de l'acide phosphorique à l'état acide, qui, en suivant la remarque de M. A. Vivien, ne peut être assimilé par les plantes sous cet état ; il faut qu'il subisse une transformation. Au contact des alcalis, de la chaux, de la magnésie, du fer, etc., contenus dans les sols, l'acide

(1) Pagnoul : *Note relative à l'emploi des phosphates.* Bulletin de la station agronomique du Pas-de-Calais. Arras 1887.

phosphorique entre en combinaisons basiques et on le retrouve à l'état de phosphate tribasique de chaux, c'est-à-dire sous un état similaire de celui sous lequel on le trouve dans les phosphates fossiles, ou même à l'état de phosphate de fer, c'est-à-dire sous une combinaison moins soluble que le phosphate de chaux.

Le superphosphate redevient phosphate au contact de la terre; la nature détruit ce qu'a fait l'industrie. On a dit que le phosphate reconstitué dans le sol, par la rétrogradation que nous venons d'expliquer, étant à l'état gélatineux, était sous une forme plus soluble que le phosphate naturel. Le fait est souvent exact, cependant, il faut reconnaître qu'il peut en être autrement lorsqu'on compare, par exemple, la solubilité du phosphate de fer gélatineux avec celle du phosphate fossile finement broyé tel qu'on l'obtient aujourd'hui dans le commerce.

En outre, la solubilité des phosphates, quels qu'ils soient, est souvent insuffisante pour qu'en tenant compte de la quantité d'eau absorbée par une plante, il soit présenté au végétal beaucoup plus d'acide phosphorique qu'il ne lui en faut.

Les expériences de MM. Menier et Barral ont montré qu'un mètre cube d'eau chargé d'acide carbonique, ainsi que cela a lieu dans les terres, pouvait dissoudre 420 grammes d'acide phosphorique pris au phosphate fossile des Ardennes, réduit en poudre impalpable.

Dans ces conditions, les 2,560 mètres cubes d'eau qui passent par les tiges d'une récolte d'un hectare de blé, (d'après les expériences de M. Marié-Davy), peuvent apporter au blé 1,075 kgr. 200 gr. d'acide phosphorique, soit vingt-six fois la quantité nécessaire.

La solubilité des phosphates fossiles finement

moulus, quoique très faible, est donc suffisante pour subvenir largement aux besoins des plantes (1).

Comment expliquer alors la supériorité très marquée constatée en faveur des superphosphates dans plusieurs expériences.

Comment expliquer notamment la supériorité des superphosphates dans les terres argilo-siliceuses et argilo-calcaires de la ferme de Montlouis par exemple.

Les expériences en question concernant la comparaison des phosphates et des superphosphates mis *en couverture* avaient été faites sur une luzernière.

C'est à l'action du plâtre qu'il faut attribuer ces résultats, car il ne faut pas oublier que pour 1 k. d'acide phosphorique, on trouve dans les superphosphates 3 k., 4 k., 5 k., et quelquefois plus encore de plâtre.

Les 400 k. de superphosphates employés à Montlouis pouvaient donc contenir 300 k. de plâtre et même davantage, c'est-à-dire une quantité suffisante pour rendre assimilable la potasse nécessaire à la luzerne suivant les données que nous avons exposées page 94.

La conclusion de ce qui précède c'est que dans les recherches comparatives entre les phosphates et les superphosphates, il faut employer, pour rester dans les mêmes conditions, des superphosphates exempts de plâtre ou mieux en ajouter aux phosphates fossiles dans les proportions voulues.

Superphosphates et phosphates précipités. — M.A. Ladureau a étudié avec soin l'action comparative de ces deux formes de l'acide phosphorique, sur une culture de betterave. Les conclusions que l'on peut tirer de son travail, sont les suivantes :

(1) *Journal d'Agriculture pratique*, 1889, tome 1.

1° L'acide phosphorique paraît avoir exercé sensiblement le même effet sur la betterave sous forme de phosphate monobasique soluble dans l'eau et sous celui de phosphate bibasique soluble dans le citrate d'ammoniaque ;

2° Dans un sol comme celui où nous avons opéré (dans lequel la proportion d'acide phosphorique n'atteint pas 1 gr. par kilo de terre sèche) l'emploi de l'acide phosphorique sous ces deux formes est marqué par un excédent notable de récolte. Dans notre expérience, dit M. Ladureau, cet excédent a atteint 6.000 kilogs. avec le phosphate précipité, et près de 7.000 k. avec le superphosphate. Ces excédents couvrent largement les frais occasionnés par l'achat des 100 kilos d'acide phosphorique qui les ont produits. En effet, cet acide vaut en moyenne 0.60 le kilo aujourd'hui, à l'état soluble et assimilable ; la dépense est donc de 60 francs. Or, en comptant les betteraves au prix moyen des dernières années, soit 20 francs les 1.000 kilogr, on a, dans le premier cas, une plus-value de 120 fr., et dans le deuxième, une plus-value de 140 francs

3° Les différences entre les résultats produits par l'emploi du phosphate précipité et du superphosphate sont trop faibles, pour qu'il soit possible de conclure à la supériorité de l'un de ces produits sur l'autre (1).

Le Dr Paul Wagner, en opérant sur des pois, est arrivé à la même conclusion. « On peut admettre, dit-il, que l'acide phosphorique du phosphate de chaux précipité a la même valeur agricole que l'acide phosphorique soluble des superphosphates. »

(1) A Ladureau : *Sur l'équivalence agricole des divers phosphates.*

CHAPITRE VI

LES ENGRAIS POTASSIQUES.

Rôle de la potasse dans la végétation.

On trouve la potasse dans toutes les plantes, c'est un des éléments indispensables aux récoltes, et cependant dans les formules d'engrais, elle est très-souvent, trop souvent même négligée :

Voici d'ailleurs les proportions de cette base qu'on trouve dans les principales plantes cultivées.

		Récoltes à l'hectare.	Potasse continue	
Froment.	grain.........	3.000 k.	16 k. 50	36 k.
	paille.........	4.000	19 k. 50	
Betteraves.	racines........	50.000 k.	....	200
Pommes de terre, tubercules.		15.000 k.	....	84
Luzerne..................		12.000 k.	....	182
Colza	Paille.............	6.000 k.	58 k. 00	76
	grain.............	2.000	18 k. 00	

Cependant, contrairement à ce qui se passe pour l'acide phosphorique, les terres renferment généralement assez de potasse pour fournir aux besoins des plantes de grande culture ; mais il convient de remarquer aussi qu'elle s'y trouve comme nous l'avons déjà dit, sous deux états bien distincts :

1o A l'état soluble, sous forme de carbonate, de nitrate et de chlorhydrate ;

2o A l'état insoluble, notamment sous forme de silicate. Or, bien souvent ce dernier état l'emporte en quantité sur le premier.

Toutefois, on admet que la potasse fait défaut, soit par absence, soit par insolubilité, dans les terrains calcaires de tous les pays, et qu'elle est en quantité relativement abondante dans les terres argileuses.

La potasse semble jouer un rôle très-important dans la nutrition des plantes, notamment dans la formation de l'amidon et du sucre. Ce sujet a surtout été étudié par Nobbe qui est arrivé aux conclusions suivantes :

Lorsqu'on donne à une plante tous les éléments minéraux nécessaires à son alimentation, sauf la potasse, si la plante est au début de son existence, son développement est absolument nul ; dès que les premières feuilles ont absorbé la réserve alimentaire de la graine, elles ne s'accroissent plus, se flétrissent, et la plante meurt. Si l'on prend pour sujet d'expérience une plante déjà grande et bien développée, et si on la place dans un milieu nutritif exempt de potasse, la végétation s'arrête, le végétal dépérit promptement et, si l'essai se prolonge, ne tarde pas également à mourir. Vient-on, à temps, à ajouter de la potasse aux autres aliments mis à la disposition de la plante, on la voit se rétablir très-promptement et continuer à vivre et à se développer. Aucune autre base ne peut remplacer la potasse, pas même la soude, qui présente avec elle tant d'analogies chimiques.

En outre, M. Nobbe a constaté que dès que la potasse vient à manquer, l'amidon cesse de se produire dans la plante ; quand on restitue la potasse absente, l'amidon recommence à se former.

Engrais à base de potasse.

Les sels potassiques employés dans la fertilisation sont assez nombreux, néanmoins les plus importants sont:

1° le nitrate de potasse,
2° le sulfate de potasse,
3° le chlorure de potassium,
4° le carbonate de potasse.

Les sels de Stassfurth. — Avant la découverte du gisement de sels de potasse de Stassfurth, près de Halle (Prusse) et l'installation en 1861, par l'initiative du docteur Frank, de la première fabrique d'engrais potassiques sur le carreau de cette mine (1), les seules sources de potasse auxquelles l'agriculture pouvait avoir recours étaient les cendres des végétaux et les sels extraits de la mer par le procédé Balard. La potasse d'Amérique et de Russie (cendres de végétaux forestiers) et les salins de betteraves (résidus de la distillation des mélasses) n'offraient qu'une source très-limitée de potasse et la livraient à un prix trop élevé pour que l'agriculture pût songer à l'employer en grand. La découverte du gisement de Stassfurth

(1) Le gisement de sels potassiques et magnésiens de Stassfurth consiste en une couche de 80 à 100 mètres d'épaisseur située entre 300 et 400 mètres de profondeur sur une étendue considérable qui n'a pu encore être déterminée.

L'exploitation est faite actuellement par six sociétés syndiquées comprenant 34 usines. Les sels bruts de Stassfurth contiennent de 9 à 12 p. 100 de potasse combiné à l'acide sulfurique ou au chlore, associés à la magnésie. Des lavages méthodiques et des concentrations des dissolutions permettent de livrer isolément les divers sels dont nous allons parler. Quelques chiffres donneront l'idée de l'importance de la production des sels de potasse et de magnésie, en Allemagne. Pendant l'année 1883, la production s'est élevée aux chiffres suivants;

	Production en tonnes métriques	Valeur en francs
Chlorure de potassium........	147.495.990	24.582.126
Chlorure de magnésium.......	19.259.033	395.217
Sulfate de potasse............	16.201.290	3.499.082
Sulf. de potasse et de magnésie..	13.037.252	870.800
Sulfate de magnésie..........	19,590,793	159,526

pour la région du nord de l'Europe, l'application des procédés Balard à l'extraction de la potasse des eaux mères des marais salants pour le sud, sont venues à point pour permettre à l'agriculture de restituer au sol la base précieuse que la culture de la betterave réclame tout particulièrement. Vers 1860 l'épuisement en potasse des sols de Magdebourg, presque entièrement cultivés en betteraves sucrières, avait atteint une limite très-inquiétante pour les producteurs de sucre. Aussi Liebig félicitait-il, dans les termes suivants, le docteur Franck, promoteur de la nouvelle industrie, dans une lettre datée de février 1865 :

« La découverte du gisement des sels potassiques à Stassfurth est un bonheur providentiel pour nos agriculteurs et pour nos cultivateurs de betteraves en particulier. Si les cultivateurs français ne suivent pas leur exemple, dans une génération d'hommes il ne sera plus question de sucreries de betteraves en France. L'agriculture vous doit de la reconnaissance pour avoir fabriqué à bon marché cet engrais si important et en avoir propagé l'emploi. »

L'initiative du docteur Frank a porté ses fruits : de grandes et très nombreuses usines se sont installées à Stassfurth, d'où s'expédient aujourd'hui dans le monde entier des quantités colossales de sels potassiques, à un bon marché que n'eût jamais pu atteindre l'extraction de la potasse des cendres des végétaux.

Dans le gisement de Stassfurth, dont nous donnons ci-contre une coupe géologique (fig 48) les sels potassiques, comme nous l'avons vu, sont associés au chlore, à l'acide sulfurique, à la magnésie et au chlorure de sodium ou sel marin.

M. Grandeau (1) dans le tableau suivant indique la composition des différents engrais que livre Stassfurth à l'agriculture, avec leurs prix et celui du kilog. de potasse dans chacun d'eux. Ces prix sont établis pour les sels livrés en gare de Stassfurth.

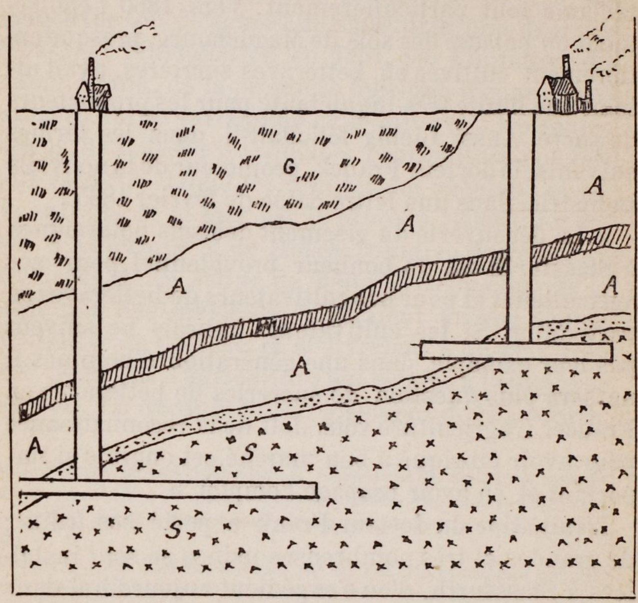


Fig. 48. Sels potassiques de Stassfürth.
G. grès bigarré. A. gypse avec anhydrlte. *m.* marne. P. sels potassiques. S. sel gemme.

La kaïnite brute, les chlorures trois et cinq fois concentrés et le sulfate de potasse et de magnésie sont de ces treize variétés d'engrais potassique, les seules qui à raison de l'éloignement du gisement et par suite de leur richesse, puissent être économiquement employées par l'agriculture française.

(1) Grandeau : *Etudes agronomiques* 1885-1886.

DÉSIGNATION des ENGRAIS.	POTASSE garantie. 0/0	SULFATE de potasse. 0/0	CHLORURE de potassium. 0/0	SULFATE de magnésie. 0/0	SEL marin. 0/0	PRIX des 100 kilogr. de sels. fr. c.	PRIX DU KILOGR. de potasse. fr. c.
1. Sulfate brut de potasse.	9 à 12	8 à 12	6 à 11	15 à 20	35 à 55	3.12	0.35
2. Sulfate de magnésie et de potasse.	15 à 18	28 à 33	»	21 à 25	25 à 40	5 50	0.38
3. Kaïnite brute.	12 à 13	22 à 24	»	16 à 18	30 à 40	2 50	0.21
4. Grügite.	10 à 12	18 à 21	»	10 à 12	10 à 12	1.75	0 18
5. Engrais potassique concentré.	25	22	22	10 à 20	20 à 35	11.88	0.47
6. id. 3 fois concentré.	30 à 33	»	50 à 55	5 à 10	25 à 40	15.12	0 31
7. id. 5 fois concentré.	50 à 53	»	80 à 85	»	10 à 20	18.75	0.37
8. Sulfate de potasse, n· 1,	50 à 52	90 à 95	»	»	1 à 4	27.50	0.55
9. id. n· 2.	38	70	»	5 à 10	2 à 8	21.25	0 56
10. id. et de magnésie, purifié.	26 à 28	50 à 52	»	32 à 36	2 à 6	15.12	0 50
11. Sulfate de magnésie brut.	0.3	0 à 5	»	Environ 60	»	2.50	»
12. id. purifié et calciné.	»	»	»	Environ 80	»	4.37	»
13. Déchets de sels de Stassfürth.	3 à 5	6 à 9	»	45 à 53	35 à 40	0.75	»

La constitution de ces mélanges de sels de potasse et de magnésie appelle deux observations : la première est leur teneur assez forte en sel marin. Introduits dans le sol à la dose de 200 à 300 kilogs. les sels de Stassfurth y amènent une quantité de sels marins qui ne peut présenter que des avantages, d'après les résultats de nombreuses expériences culturales et notamment celles du Dr Vœlcker en Angleterre. La seconde observation est relative au danger du chlorure de magnésium pour la végétation. Quand au début on fit les premiers essais de fumure avec les sels de Stassfurth, on obtint des résultats absolument défavorables. Le Dr Frank ne tarda pas à découvrir la cause des insuccès : elle tenait à la présence du chlorure de magnésium (1) dans les produits bruts livrés à l'agriculture. La destruction de ce chlorure par la chaleur ou son éloignement par des épurations méthodiques firent disparaître complétement ce poison des végétaux, et dès lors l'emploi des sels de Stassfurth prit un essor qui va toujours croissant.

Chlorure de potassium. — C'est là l'engrais potassique le plus communément employé ; il subit dans le sol une modification dans laquelle le potassium se transforme en potasse. On l'obtient de différentes façons, d'abord des mines de Stassfurth, puis des usines ou l'on purifie le nitre, dans les raffineries de mélasse et par le traitement des eaux mères des marais salants.

A l'état de pureté absolue, le chlorure de potassium contient 52,41 0/0 de potassium (soit 63,14 de potasse) et 47,59 de chlore. Toutefois, tel que le livre le com-

(1) Le chlorure de magnésium est vénéneux pour les plantes : en calcinant le sel on chasse l'acide chlorhydrique et la magnésie reste.

merce, il renferme toujours des impuretés, dont les proportions varient de 5 à 25 pour 100. Voici d'ailleurs, d'après M. Joulie, le tableau de correspondance entre les degrés de pureté constatés à l'analyse et les richesses en potasse.

DEGRÉS — Chlorure de potassium par 100 k.	RICHESSE EN POTASSE par 100 k.	DEGRÉS — Chlorure de potassium par 100 k.	RICHESSE EN POTASSE par 100 k.
60	38.00	83	52.54
65	41.10	84	53.17
70	44.25	85	53.80
75	47.50	86	54 33
76	48.13	87	54.96
77	48.76	88	55.59
78	49.39	89	56.22
79	50.02	90	56.85
80	50.65	91	57.48
81	51.28	92	58.11
82	51.91	93	58.74

Le chlorure de potassion à 80 degrés vaut actuellement 24 francs les 100 kgr.

Avant la guerre de 1870, c'est l'Allemagne qui nous livrait tout le chlorure de potassium nécessaire à l'agriculture ; la guerre avait tari cette source et fait monter les prix de cet engrais ; aujourd'hui les choses ont repris leur cours primitif et ce sont les mines inépuisables de Stassfurth qui nous fournissent la plus grande partie du chlorure de potassium employé en France.

On répand ce sel à la dose moyenne de 150 à 200 kilogrammes par hectare à l'entrée du printemps, de préférence sur les pommes de terre, les betteraves et quelquefois les céréales. C'est surtout sur les sols calcaires qu'il donne de bons résultats.

Carbonate de potasse. – Le carbonate de potasse est rarement employé comme engrais, à cause de son prix élevé, d'ailleurs il renferme toujours une énorme quantité de substances autres que du carbonate de potasse pur. Par contre l'industrie chimique en fait une abondante consommation.

Sulfate de potasse. — Théoriquement, le sulfate de potasse renferme 54 pour 100 de potasse, le reste étant constitué par des matières étrangères non potassiques.

Cet engrais provient de diverses sources :

1° Des résidus salins de la fabrication de l'iode à l'aide des varechs;

2° Du traitement par l'acide sulfurique du chlorure de potassium provenant des mines de Stassfurth ou des eaux de la mer.

Le sulfate de potasse du commerce renferme toujours de 5 à 30 pour 100 d'impuretés diverses, notamment de l'eau, du chlorure de sodium et du sulfate de soude. Le plus habituellement il titre 80 p. 100 de sulfate de potasse pur. Voici d'ailleurs le tableau (1) indiquant la richesse effective en potasse des sulfates de potasse des titres les plus répandus.

Sulfate pur par 100 kgr.	Richesse en potasse	Sulfate pur par 100 kgr.	Richesé en potasse
60	32.45	83	44.88
65	35.10	84	45 42
70	37.80	85	45.96
75	40.50	86	46.50
76	41.00	87	47.04
77	41.64	88	47.58
78	42.18	89	48.12
79	42.72	90	48.66
80	43.26	91	49.20
81	43.80	92	49.74
82	44.35	93	50.20

(1) Joulie, *Les Engrais chimiques*.

Cet engrais se présente sous forme d'une poudre sèche et fine.

M. A. Deligny (1) préconise beaucoup cet engrais, qu'il préfère au chlorure de potassium, en raison même de l'acide sulfurique qu'il renferme et qui suivant cet auteur décomposerait l'humus en même temps qu'il met en action les éléments calcaires et l'azote qui se trouvent en réserve dans le sol.

Sur la vigne, le tabac, la pomme de terre et le houblon, il donne d'excellents résultats.

La proportion pour appliquer le sulfate de potasse se règle sur les exigences de chaque plante. En général, il faut compter de 150 à 300 kilogrammes par hectare.

L'époque de l'épandage est l'automne et l'hiver. Il convient d'enterrer le sulfate de potasse à la charrue ou tout au moins par un fort coup de herse.

Il va sans dire qu'à moins que la terre soit d'une extrême pauvreté en potasse, il faut employer cet engrais, comme tous les autres engrais potassiques du reste, concurremment avec l'acide phosphorique.

Le sulfate de potasse et l'acide phosphorique appliqués sur des terres tourbeuses de la Belgique, et surtout sur des légumineuses, a donné des résultats très favorables.

Cet engrais est d'un prix légèrement plus élevé que le chlorure de potassium, il vaut actuellement de 25 à 26 francs les 100 kilogrammes.

Kainite. — La kaïnite, quoique moins riche en potasse que les engrais qui précèdent, est néanmoins très-employée comme matière fertilisante. Sa composition est très-variable, en général elle contient du

(1) *Journal d'agriculture pratique*. 1887

chlorure de potassium et de magnésie, des sulfates des mêmes bases et du sel marin.

La potasse, surtout à l'état de sulfate, représente en moyenne 14 pour 100 du poids total.

Peut-être plus encore que pour les autres engrais potassiques, il est indispensable d'associer la kaïnite aux engrais phosphatés. En Belgique et dans le Holstein ce sel est très-couramment employé, c'est surtout sur les prairies marécageuses que l'emploi de la kaïnite associée au phosphate en poudre fine, et notamment aux scories de déphosphoration, a donné des résultats très appréciables. Sur la vigne, les effets sont également bien marqués.

La kaïnite doit être répandue en automne, ou plutôt en janvier, pour qu'elle puisse se décomposer dans le sol. La dose à répandre varie entre 500 et 600 kilogrammes par hectare.

Domite. — Il existe dans le Puy-de-Dôme, une roche d'une grande friabilité qui constitue des montagnes entières et que l'on connaît sous le nom de *domite*. D'après les analyses de M. A. Vivien, la richesse en potasse de ce minéral varie de 8 à 15 pour 100. Si le commerce connaissait cette source de richesse, il s'empresserait de pulvériser ces roches à l'aide des puissants broyeurs dont on dispose aujourd'hui, et les offrirait à la culture, qui s'en servirait comme source de potasse au même titre qu'elle emploie aujourd'hui les phosphates fossiles finement pulvérisés comme source d'acide phosphorique.

M. Menier rapporte que, sur les conseils de M. Marizot, on pulvérise déjà le granit feldspathique des Vosges à Busseng et qu'on s'en sert comme engrais potassique.

Engrais sodiques.

Le rôle de la soude dans la végétation est beaucoup moins important que celui de la potasse, cependant nous devons en dire quelques mots pour fixer les idées à ce sujet.

On a prétendu autrefois que la soude, en raison de sa ressemblance chimique avec la potasse, pouvait remplacer celle-ci dans la culture. Beaucoup d'expériences sont venues démontrer le contraire, notamment celles de MM. Péligot, Corenwinder, Vœlcker et Dehérain.

Certes, en forçant la dose d'engrais sodique, on peut faire absorber un excès de soude aux végétaux et, si on fait le rapport des alcalis totaux absorbés, on remarque que, dans ce cas, la soude peut dominer, mais il n'y a pas eu substitution de la soude à la potasse, car le végétal contient la proportion normale de potasse, plus un excès de soude. Tel est le cas le plus général.

On a pu citer quelques expériences tendant à faire croire que la soude s'était substituée à une certaine quantité de potasse, mais on n'a jamais pu obtenir une plante avide de potasse sur une terre n'en contenant pas du tout. Il y a d'ailleurs une différence très-grande entre la soude et la potasse ; au point de vue chimique, ce sont bien des alcalis solubles, mais ils n'ont de commun que leur alcalinité, leurs propriétés au point de vue de la nutrition des plantes diffèrent. Tandis que dans les cendres de nos récoltes, la quantité de potasse varie peu entre certaines limites, pour une même plante cultivée, celle de la soude varie beaucoup. Ainsi l'herbe des marais salants est plus riche en soude que celle des hauts plateaux.

Il n'y a pas de plante cultivée, suivant la remarque du Dr Vœlcker (1) dont la composition ne révèle la présence de la potasse en proportion appréciable, quoique le sol soit peu riche en potasse, les plantes ont la propriété de l'extraire et de l'assimiler, pour l'incorporer dans leur organisme. Pour la soude, dont la présence se manifeste par des quantités variables dans la sève des plantes, les combinaisons organiques avec le carbone, l'hydrogène, l'azote et les autres élements, n'offrent point un caractère aussi intime, ni aussi définitif. Ainsi on ne trouve pas où presque pas de soude dans les graines à parfaite maturité (blé, orge ou avoine), même dans les terres ou la soude est abondante, et pourtant les tiges, les feuilles renferment une certaine dose de soude.

En outre, il convient de remarquer que la soude et la potasse ne se comportent pas non plus de la même façon dans la terre, qui retient avidement la potasse, tandis qu'elle laisse filtrer la soude comme l'ont démontré les expériences de Vœlcker d'une part et de Schlœsing d'autre part, ce qui explique pourquoi la potasse n'est pas enlevée du sol en notable proportion par les eaux pluviales, tandis que la soude en est constamment éliminée.

La conclusion de ce qui précède, c'est que la soude ne peut remplacer la potasse dans la végétation, et que toutes les fois qu'une terre manquera de ce dernier alcali il faudra en ajouter.

Emploi du sel marin comme engrais. — Mais tous ces faits, bien acquis aujourd'hui à la science agronomique, ne sont pas un motif pour contester l'action

(1) *Travaux et expériences du Dr A. Vœlcker*, tome I. Paris, Berger-Levrault.

favorable du sel marin dans quelques cas déterminés ; au contraire, cette substance, judicieusement appliquée dans certaines conditions, constitue un engrais ou plutôt un stimulant économique, destiné à accroître le rendement des céréales, des racines ou du foin, et qui est rarement nuisible, à moins que la dose soit trop élevée.

Dans les terres sableuses et perméables une proportion de 50 à 80 kilogrammes de sel marin à l'hectare employée concurremment avec d'autres engrais, donne de la vigueur aux plantes racines, et augmente la récolte ; ici le sel semble agir comme il agit dans la nutrition animale, c'est-à-dire comme condiment. Par contre il n'en est plus de même dans les terres froides, humides, argileuses et tenaces. Ce fait peut être expliqué de la façon suivante : l'argile se coagule et se durcit lorsqu'on y ajoute du sel marin, et les agents atmosphériques ne peuvent plus dès lors pénétrer dans la couche arable. Cette action, manifestement stérilisante du sel, a été employée pour détruire les herbes dans les cours de ferme et les allées de jardins ; on emploie alors de l'eau salée, à la dose de un kilogr. par 5 ou 6 mètres carrés de superficie. Le renouvellement de l'opération est subordonné à l'action des pluies comme lavage et aux apports de terres dans lesquelles l'herbe peut encore germer et végéter, ce qui est d'ailleurs un cas assez rare.

Quoiqu'il en soit, il convient de remarquer que le gouvernement accorde à l'agriculture la faculté de se procurer dans certains dépôts, et avec quelques formalités faciles à remplir, du sel marin à prix réduit, environ cinq francs les 100 kilogrammes.

Engrais Ferrugineux

Le fer à un état plus ou moins grand d'oxydation se rencontre dans presque toutes les terres arables, auxquelles il donne leur coloration brune ou rougeâtre. On le rencontre aussi, à faibles doses il est vrai, dans les cendres de la plupart des végétaux cultivés. Voici d'ailleurs, d'après M. P. Gontier, les poids de peroxyde de fer enlevés au sol par quelques récoltes de différents poids sur un hectare.

Nature des plantes —	Poids des récoltes —	Poids du peroxyde de fer enlevé par les récoltes —
	k.	k.
Froment (grain)	2.500	0.200
— (paille)	6.000	9.900
Seigle (grain)	3.300	0.500
— (paille)	6.800	2.500
Orge (grain)	1.850	0.700
— (paille)	3.000	3.400
Avoine (grain)	1.800	0.200
— (paille)	3.600	4.100
Sarrazin (grain)	1.500	0.500
Maïs (grain)	2.800	0.300
Haricots (grain)	2.200	0.200
— (tiges)	2.200	0.400
Pois (grain)	1.025	0.000
— (tiges)	2.900	1.600
Vesces (grain)	1.040	0.000
— (tiges)	2.900	0.900
Colza (grain)	1.505	0.200
— (tiges)	4.500	4.000

Comme on le voit, le fer se localise surtout dans les parties herbacées des plantes plutôt que dans les graines, mais dans une même plante la proportion de fer est très variable suivant les circonstances, en réalité

le fer a sous ce rapport beaucoup d'analogie avec la soude, mais il convient de remarquer que contrairement à cette dernière, il est d'une utilité évidente pour la végétation ainsi que l'ont démontré les travaux de M. Eusèbe Gris en 1840, M. Knop en 1859, le Dr Sachs en 1860 et de M. Boussingault en 1872. Ce dernier, après avoir reconnu la présence du fer dans le sang de tous les animaux, dit textuellement :

« Le fer est une des parties constituantes du sang, il est donc évident que tous les aliments doivent en renfermer, y compris bien entendu les aliments végétaux. S'il était possible de constituer un régime privé de fer, l'animal qu'on y soumettrait, succomberait infailliblement ». Il conclut en disant : « Le fer paraît tout aussi indispensable à la vie végétale qu'à la vie animale » (1).

Mais c'est surtout depuis les intéressantes recherches du Dr Griffiths en Angleterre que le rôle de cette substance dans la végétation a été bien établi. Cet auteur fit des expériences très nombreuses de culture avec du phosphate et du sulfate de fer, d'où il tira cette conclusion : que non seulement les engrais ferrugineux augmentent les rendements de la plupart des cultures, mais qu'ils ont une action manifeste sur la qualité des récoltes, surtout en ce qui concerne l'augmentation des matières albuminoïdes, des hydrates de carbone et des matières grasses, et cela aux dépens de l'eau et de la matière fibreuse. En voici d'ailleurs deux exemples, concernant la betterave et la pomme de terre (2).

(1) Boussingault. *Comptes rendus e l'académie des sciences, 1872.*

(2) Dr A. B. Griffiths. *The Chemical News,* et *Journal of the chemical Society* 1883.

	BETTERAVES		POMMES DE TERRE	
	Avec sulfate de fer	Sans sulfate de fer	Avec sulfate de fer	Sans sulfate de fer
	—	—	—	—
Matières albuminoïdes....	2.89	1.90	3.92	2.24
Hydrates de carbone.....	11.21	9.32	24.00	21.37
Partie fibreuse...........	1.98	2.05	1.61	1.00
Matières grasses.........	0.25	0.21	0.29	0.21
Cendres.................	1.52	1 00	1.50	1.21
Eau.....................	82.15	85.52	68.68	73.97
	100.00	100.00	100.00	100.00

Il résulte des expériences du même auteur, que les engrais ferrugineux en excès ont une action défavorable sur la végétation et même une action stérilisante manifeste. Donc, comme pour le sel marin leur emploi doit être très judicieusement étudié.

Emploi du sulfate de fer comme engrais. — En France, c'est surtout M.P. Marguerite Delacharlonny, qui s'est appliqué à faire connaître l'importance des engrais ferrugineux et particulièrement l'emploi pratique du sulfate de fer; c'est à ses intéressants travaux que nous aurons recours dans l'exposé ci-dessous:

D'abord, quels sont les terrains qui réclament du fer?

D'une façon générale, et en premier lieu, tous ceux qui manquent de matières organiques; car ces terrains contiendraient-ils des quantités suffisantes de fer, qu'elles risquent d'être inassimilables ; puis, les terrains siliceux dans lesquels, le fer à l'état de silicate est difficilement assimilable; c'est sur un terrain de ce genre qu'ont eu lieu les expériences si intéressantes de M. Griffiths. Enfin, tous les terrains, où l'emploi des cendres noires de Picardie donne de bons résultats.

Sous quelle forme le fer peut-il être employé ? Ces formes sont variables suivant la nature des sols et les conditions locales.

Sur les sols très riches en matières organiques, on pourra employer les oxydes de fer naturels facilement décomposables, les argiles très ferrugineuses, les terres chargées de dépôts ocreux. A défaut de ces terres, ou si leur éloignement est trop grand, on emploiera un compost formé d'un mélange de chaux et de sulfate de fer préalablement oxydé par l'aération.

Pour faire ce compost, on dissoudra le sulfate de fer dans l'eau dans un vieux tonneau en bois et on y ajoutera de la chaux en poudre, en employant 1 de chaux hydraté pour 2 de sulfate de fer ; le sel dissous se transformera en une bouillie ocreuse avec laquelle on arrosera le reste de la chaux et on mélangera le tout à la pelle. Il faut procéder ainsi en mettant la chaux dans le sel de fer et non inversement en arrosant la chaux avec le sulfate de fer dissous, il se formerait des croûtes plus ou moins dures de sulfate de chaux qui nuiraient à la division de la matière (1).

Sur les sols ordinaires peu riches en matières organiques, l'emploi devra se faire à l'état de sel de protoxyde de fer, état qui est le plus assimilable ; le sel de protoxyde de fer le plus répandu est le sulfate de fer dont la valeur est d'environ 25 francs les 100 k.

Quant aux doses à appliquer elles sont variables, et comprises entre 50 à 200 kgr. suivant les terrains ; on peut dire que pour les terrains siliceux, il convient de se tenir entre 50 et 100 kgr., pour les terrains calcaires on pourra aller un peu au delà.

(1) P. Marguerite-Delacharlonny ; *Le Fer dans la végétation*. Paris 1884.

Il faut assurer l'épandage régulier du sulfate de fer, pour cela on mélangera cet engrais avec de la terre ou du sable.

L'épandage devra se pratiquer en automne, autant que possible après une pluie et par une journée chaude ; à défaut de pluie on opérera après une forte rosée ou par un temps lourd ; le mieux serait même de procéder à l'épandage en deux fois, en n'employant chaque fois que la moitié de la dose.

L'importance des conditions d'emploi pour le sulfate de fer est très grande,le manque de soins de ce côté peut amener des insuccès.

Il est certain que si le sel est en morceaux trop gros, si son état pulvérulent ne le rapproche pas autant que possible de celui d'une dissolution, si l'épandage se fait par un temps sec, si enfin la température est trop basse, on marque un résultat négatif.

Dans ses expériences de culture Eusèbe Gris avait déjà reconnu, et ceci peut être admis, qu'au dessous de 10 degrés de chaleur l'effet était à peu près nul.

Aussi l'épandage en deux fois ne saurait être trop recommandé puisqu'on doublera ainsi les chances d'un emploi favorable.

CHAPITRE VII

FORMULES D'ENGRAIS CHIMIQUES

Etablissement des formules.

Etant donné les charges qui pèsent aujourd'hui sur l'agriculture et qui élèvent notablement le prix de revient des récoltes, étant donné d'autre part la concurrence faite à la production nationale par les produits agricoles étrangers obtenus à un prix de revient beaucoup moindre, il est indispensable d'obtenir des rendements maxima pour faire de la culture rémunératrice.

L'engrais le plus communément employé est le fumier de ferme, nous avons vu que celui-ci étant composé de plantes transformées, contient tous les éléments des plantes, moins toutefois ceux que les animaux producteurs ont fixés dans leurs tissus. Dans une exploitation, les exportations de principes fertilisants sont nombreuses, les animaux de boucherie, le lait, la laine enlèvent du sol des quantités considérables d'azote, d'acide phosphorique, de potasse, etc.

De même les produits végétaux, céréales, plantes industrielles, etc. qui sortent toujours de l'exploitation emportant avec eux les éléments de fertilité. La culture à hauts rendements à l'aide du *seul et unique* fumier produit dans la ferme, n'est donc pas possible et il est indispensable, tout en faisant au fumier la plus large place dans la fertilisation de lui adjoindre des engrais venant du dehors. Ceci a été suffisamment

17.

démontré dans les pages qui précèdent pour qu'il soit nécessaire d'y insister plus longuement. Mais qu'est-ce qui renseignera l'agriculteur sur les doses complémentaires à ajouter, tant pour les matières azotées, que phosphatées et potassiques? Ces données lui seront fournies, d'une part par la composition chimique de la terre arable et d'autre part par la composition des plantes, l'une et l'autre étant éminemment variables dans de larges limites.

Analyse chimique du sol. — Malgré l'importance du sujet et la conviction, de plus en plus répandue aujourd'hui, des services que l'étude chimique des terres est appelée à rendre à l'agriculture, malgré le grand nombre de recherches auxquelles l'étude du sol a donné lieu dans ces dernières années, nous sommes loin d'avoir des données certaines en ce qui concerne la composition de la terre arable dans ses rapports avec la végétation.

On se figure trop souvent, comme le fait remarquer M. Grandeau (1) qu'il suffit de remettre à un chimiste un échantillon de terre pour que, à l'aide de son examen, il puisse formuler d'une façon dogmatique, pour ainsi dire, un mode de fumure devant nécessairement doubler ou tripler le rendement. Inversement, certains agriculteurs soutiennent que l'analyse chimique d'une terre n'apprend rien en ce qui concerne sa fertilité. Ces deux manières de voir sont excessives et c'est à faire la part de vérité de chacune d'elle que je veux consacrer quelques lignes.

L'analyse chimique nous renseigne sur la présence ou l'absence dans le sol des principes minéraux reconnus indispensables à la formation des plantes et

(1) L. Grandeau. *L'Epuisement du sol et les récoltes*. Paris 1889.

à leur développement. Une terre se montre-t-elle totalement dépourvue de l'un ou de plusieurs de ces éléments, on peut à coup sûr conclure qu'elle demeurera stérile tant qu'on ne lui fournira pas les substances qui y font défaut. L'analyse décèle-t-elle dans une terre la présence en quantité un peu notable, de certains sels, tels que chlorure de magnésium, etc., on s'expliquera la stérilité de cette terre, alors même qu'elle renfermerait, en quantité suffisante et sous un état convenable, tous les aliments des plantes.

Dans les deux cas, l'analyse du sol fournit l'explication de la stérilité d'une terre...

Mais les choses ne se présentent pas toujours aussi simplement. Un sol peut, d'après son analyse, contenir toutes les substances minérales reconnues indispensables à l'alimentation de la plante, et ne renfermer aucune substance toxique pour cette dernière, sans qu'il résulte nécessairement, de cette double condition, que le sol soit fertile, cela tient à ce que la fertilité dépend moins des quantités de chaux, de phosphore, de potasse que renferme la terre que de l'état chimique sous lequel celle-ci met ces corps à la disposition du végétal. Tous les composés de chaux, de phosphore, de potasse ne sont pas tant s'en faut, également assimilables par la plante ; or, c'est précisément la détermination des combinaisons minérales vraiment nutritives qui, dans l'état de nos connaissances, présente au chimiste des difficultés parfois insurmontables.

Aussi arrive-t-il communément qu'on trouve dans une terre des quantités même assez fortes d'acide phosphorique, ou d'azote, soit 2 à 3 pour 1000 et que cependant l'apport de ces éléments sous une forme

chimique convenable y donne un surcroit de récolte.

C'est donc aux plantes mêmes que nous devons poser la question de savoir ce qu'il faut.

Analyse du sol par la plante.— Dominantes.— Pour savoir au juste ce qui manque à la plante considérée, on la cultive sur des carrés de terre d'égale superficie, mais avec des engrais différents. Dans l'un on mettra l'engrais complet, azote, acide phosphorique, potasse et chaux, dans les autres on supprimera l'un de ces éléments en gardant les trois autres, enfin un dernier carré, servant de témoin, ne recevra rien du tout.

En opérant de cette manière, on voit que le manque de l'acide phosphorique par exemple affecte plus particulièrement certaines plantes, tandis que le manque de potasse en affecte plus spécialement d'autres. Ici, fait remarquer M. Georges Ville, qui est le promoteur de cette méthode expérimentale (1), c'est la nature même de la plante qui décide de l'importance de la fonction, et il appelle *dominante* d'une plante, l'élément prédestiné qui en accroît le produit plus que les trois autres termes de l'engrais.

Chacun des trois agents, azote, acide phosphorique et potasse, est la dominante pour une série d'espèces de plantes cultivées, la chaux est tenue en dehors, car elle est utile à toutes les plantes.

Dans le tableau suivant, on a réuni ce que l'on sait de plus précis sur les dominantes :

(1) Georges Ville, *Recherches sur les relations qui existent entre la couleur des feuilles et la richesse des terres en agents de fertilité — Recherches sur les relations qui existent entre les caractères phsyiques des plantes et la richesse du sol en éléments de fertilité.* Paris, imprimerie Gauthier Villars et fils.

PLANTES.	DOMINANTE.	SEL CHIMIQUE CORRESPONDANT
Betterave. Prairies naturelles Colza. Froment. Orge. Avoine. Seigle. Chanvre,	Azote.	Nitrate de potasse. Nitrate de soude. Sulfate d'ammoniaque.
Maïs. Sarrazin. Turneps. Rutabagas. Sorgho. Navets. Topinambours.	Acide phosphorique	Superphosphate de chaux Phosphate précipité. Phosphate naturel.
Luzerne. Trèfle. Féveroles. Haricots. Pois. Sainfoin. Vesces. Lin. Pommes de terre.	Potasse.	Chlorure de potassium. Carbonate de potasse. Sulfate de potasse. Nitrate de potasse.

Ces faits étant acquis, il faut remarquer avec M. Georges Ville que la grande règle qu'il faut suivre et appliquer lorsqu'on demande aux plantes de nous renseigner sur la composition du sol, c'est de confir-

mer, de raffermir le témoignage d'une plante, fondé sur l'absence d'un des élements subordonnés, par le témoignage d'une deuxième plante dont le même élement est la dominante.

M. G. Ville a résumé dans le tableau ci-contre, ces faits dont le contraste est saisissant :

M. Georges Ville a poussé cette méthode d'analyse du sol par les plantes à ses dernières limites de perfectionnement, dans des expériences toutes récentes il a rendu cette analyse pour ainsi dire quantitative en considérant alors les plantes comme de simples réactifs. Les essais ont été faits dans du sable calciné et ont porté sur le froment et sur les pois, ils étaient surtout destinés à la recherche du phosphate de chaux c'est à dire de l'acide phosphorique.

Dans un sol inerte, exempt de tout organisme inférieur contenant 0 gr. 110 d'azote à l'état de nitre, associé aux divers minéraux que la végétation réclame, parmi lesquels le phosphate de chaux entre pour deux grammes, la végétation accuse un état de prospérité parfait (1). Le chaume du froment est droit et rigide, la plante fleurit et donne du grain. Le poids de la récolte a été dans ce pot, de 20 gr. 82, soit 16 gr. 55 de paille et racines, et 187 grains pesant 4 gr. 27 (fig.49). Supprime-t-on le phosphate de chaux, toutes les conditions de l'expérience étant rigoureusement maintenues, pendant la première quinzaine, aucun phénomène perturbateur ne se manifeste ; mais dès que les deuxièmes feuilles commencent à paraître, l'accroissement des plantes s'arrête, les feuilles

(1) Georges Ville. *De la sensibilité des plantes considérées comme de simples réactifs*, page 2.

ACTION COMPARÉE DES ÉLÉMENTS DE FERTILITÉ SUR LES PRINCIPALES CULTURES

d'après M. Georges VILLE.

	RÉCOLTE A L'HECTARE							
	FROMENT k.	CHANVRE k.	BETTERAVE k.	COLZA k.	POMME DE TERRE k.	VIGNE (raisin) k.	TRÈFLES 2 coupes sèches k,	POIS k.
Engrais complet.	9.570	11.150	50.000	10.000	27.950	12.000	8.169	6.890
Engrais sans azote	*4.317*	*4.740*	*36.000*	*6.000*	20.850	6.200	10.220	6.335
Engrais saus phosphate. . . .	7.533	8.220	42.000	7.250	16.000	7.300	8.229	5.360
Engrais sans potasse.	7.524	5.220	37.000	5.550	*10.500*	0	*635*	*4.760*
Engrais sans chaux.	8.200	10.470	47.000	8.200	20.500	7.800	9.071	6.520
Terre saus aucun engrais. .	*3.542*	*2.175*	*23.000*	*1.240*	*7.500*	0	*873*	*2.920*

s'étiolent et finalement le blé s'étend et meurt. Ainsi pas de phosphate, pas de végétation (fig. 50).

CULTURE DE FROMENT



Fig. 49.
No 1. — avec 2 gr. de phosphate de chaux.

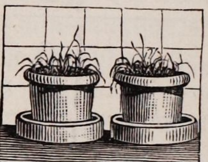


Fig. 50.
No 3. — sans phosphate de chaux.

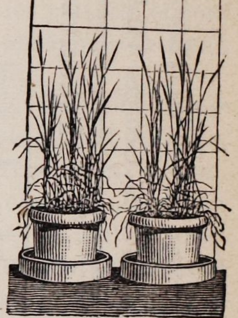


Fig. 51.
No 2. — avec 0 gr., 01 de phosphate de chaux.

Enfin dans une troisième expérience, en tout semblable à la précédente et dans laquelle le froment a succombé, ajoute-t-on 0 gr.01 de phosphate de chaux, c'est-à-dire 0 gr.004 d'acide phosphorique ou 0 gr.002 de phosphore, auquel les phosphates doivent leur action si profonde, les manifestations du phénomène changent complètement; les plantes ne meurent plus,

la végétation suit son cours normal et régulier, le froment donne un épi avec des vestiges de grains : on obtient finalement 5 gr. 86 de récolte, dont 5 gr. 85 de paille et 1 grain du poids de 0 gr. 01 (fig 51).

Néanmoins il convient de faire observer, que cette théorie des dominantes, très-juste en ce qui concerne les besoins des plantes, ne tient pas compte de ce que le sol renferme déjà. Elle est parfaitement exacte lorsque les plantes sont cultivées dans le sable stérile, mais dans les terres en culture elle donne quelquefois lieu à des résultats inattendus. Quoi qu'il en soit dans la fixation des formules d'engrais qui n'ont d'ailleurs rien d'absolu, il faut tenir compte de différents faits :

1° Considérer la composition chimique du sol ;

2° Elever la dose de la dominante tant que son emploi est rémunérateur :

3° Toujours y associer les autres éléments, mais on retiendra la dose au point strictement nécessaire pour assurer les bons effets des dominantes (1).

Cette dernière règle est essentielle, en effet, si la dose de la dominante est insuffisante, le rendement n'est pas rémunérateur, — si la dose des éléments subordonnés est trop faible, la dominante ne produit pas tout son effet. Il y a là deux écueils qu'il faut absolument éviter.

M. Georges Ville, dans une étude très remarquable (2) a fait voir quelle était l'influence de la présence

(1) C'est la conséquence du principe des *forces collectives* énoncé par M. G. Ville et qui consiste dans la nécessité pour les quatre éléments de la fertilité d'être simultanément présents à l'état soluble et assimilable, sans quoi leur action est paralysée. L'un d'eux étant en quantité insuffisante, l'action de tous les autres en souffrira par cela même.

(2) G. Ville, *Etudes sur le parti qu'on peut tirer de la connaissance du poids des récoltes pour fixer la composition de la terre.*

ou de l'absence d'un des éléments de la fertilité sur les rendements des récoltes. Ces expériences commencées en 1858 et continuées en 1860 et 1864 ont

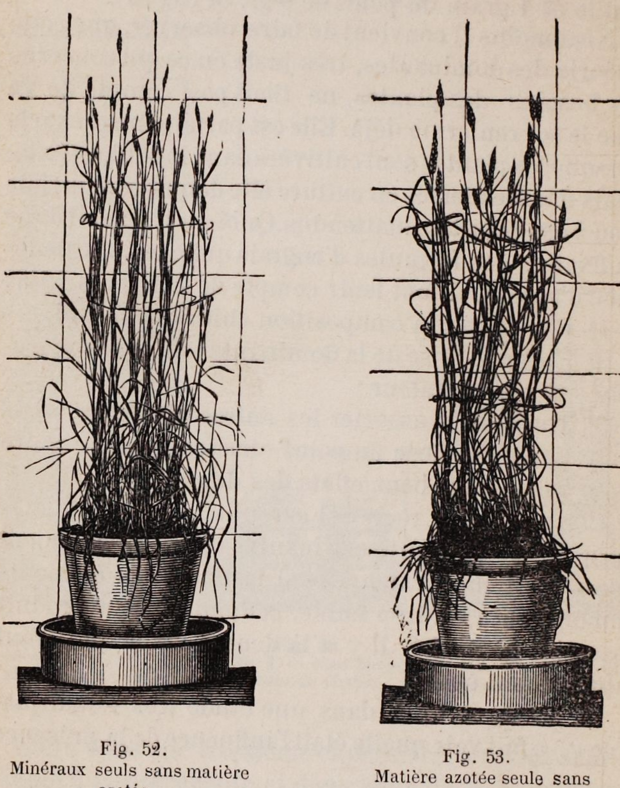


Fig. 52. Minéraux seuls sans matière azotée. (1858)

Fig. 53. Matière azotée seule sans minéraux. (1858)

(G. Ville.)

d'abord porté sur le blé cultivé en pot. Les figures 52, 53 font voir les différences observées avec l'en-

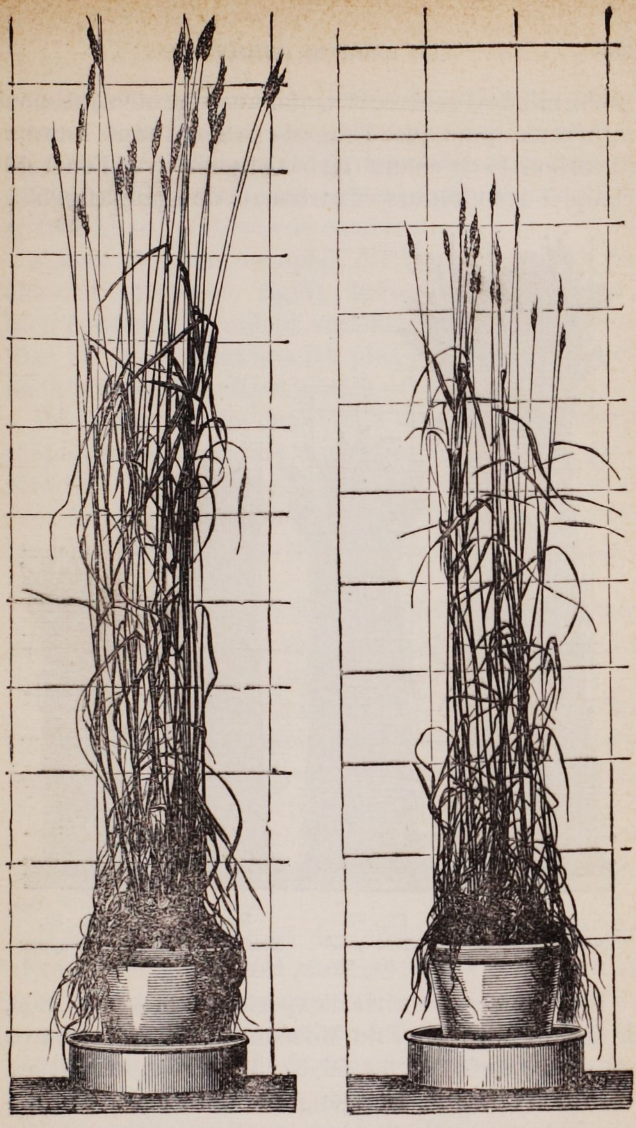


Fig. 54.
Engrais complet, sans humus
ni carbonate de chaux.

Fig. 55.
Engrais complet, humus
et carbonate de aux.

(G. Ville.)

grais minéral seul sans azote, avec l'azote seul sans minéraux, puis avec l'engrais complet sans humus ni carbonate de chaux (fig 54) et enfin avec l'engrais complet avec humus et carbonate de chaux (fig. 55).

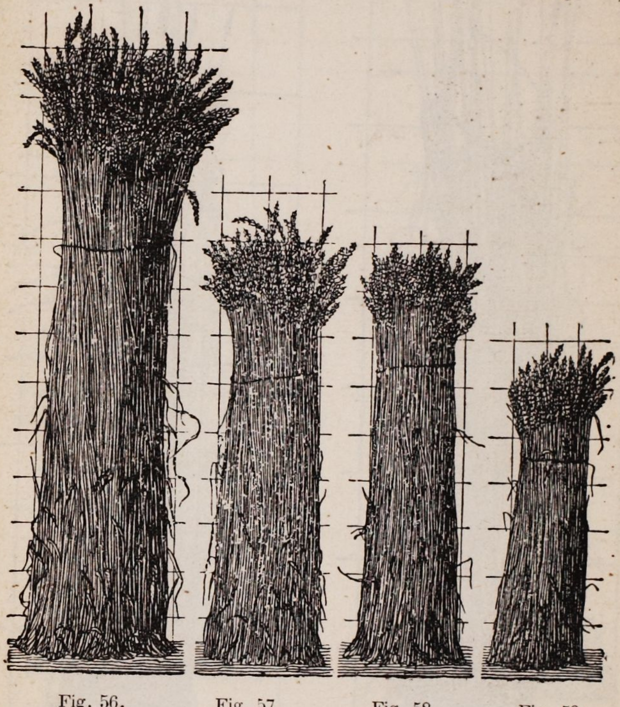


Fig. 56. Engrais complet. Fig. 57. Matière azotée. Fig. 58. Minéraux. Fig. 59. Sans aucun engrais.
(G. Ville, 1863.)

Dans une autre série d'expériences faites en 1863, le savant professeur du Muséum a fait ses cultures en pleine terre, les fig. 56, 57, 58 et 59 montrent les résultats obtenus, sans engrais, avec engrais minéraux, avec engrais azoté et avec l'engrais complet.

Influence des engrais chimiques sur le facies et la coloration des plantes. — C'est encore à M. Georges Ville qu'on doit les recherches qui ont été faites à ce sujet, elles ont été exécutées en 1884 et 1888 et ont porté sur le chanvre.

« Avec l'engrais complet, dit l'auteur, la tige du chanvre est grosse, rigide ; les feuilles sont larges, bien étalées, de couleur vert foncé uniforme, aussi bien les inférieures que les plus jeunes du sommet de la plante ; leur tissu souple est gorgé de sève.

Privé d'azote, le chanvre a des tiges beaucoup moins grosses et moins hautes ; les feuilles sont plus étroites ; la couleur est jaune verdâtre, les inférieures complètement jaunes, comme si la couleur verte les abandonnait pour passer dans les feuilles nouvelles.

Le chanvre venu sur la terre sans engrais présente une taille plus réduite, ses feuilles sont étroites, d'un vert pâle et grisâtre, minces et à bords repliés.

Lorsque la potasse a fait défaut, les tiges ne sont pas beaucoup plus vigoureuses que lorsqu'il n'y a pas d'engrais ; les feuilles sont aussi petites, étroites, contournées, de couleur brune sur les bords.

Enfin le facies, c'est le port, l'aspect, le portrait, ce je ne sais quoi qu'on appelle *l'expression* et qui vous saisit à première vue.

Il n'y a qu'un moyen de reproduire avec fidélité et certitude le facies, la photographie, c'est donc à ce procédé que j'ai eu recours pour réaliser une sorte de synthèse de tous les caractères définis antérieurement, c'est-à-dire la taille, la couleur, le facies, que je complète par l'indication du poids des récoltes, formant ainsi de véritables types végétaux qui correspondent

aux conditions les plus essentielles de la production végétale, savoir :

1° L'engrais complet intensif où la terre à son maximum de fertilité ;

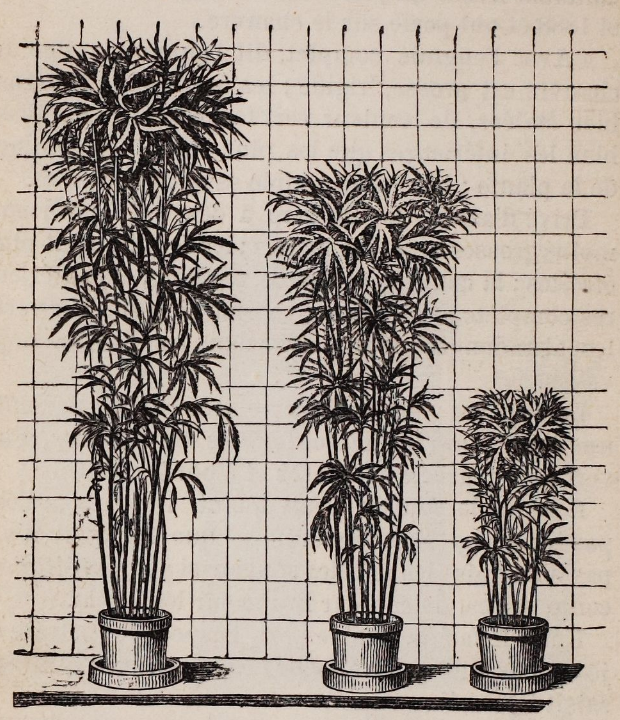


Fig. 60. Engrais intensif, 100 kil. d'azote.

Fig. 61. Engrais complet, 75 kil. d'azote.

Fig. 62. Sans azote.

2° L'engrais complet ;
3° L'engrais sans azote ;
4° L'engrais sans phosphate ;
5° L'engrais sans potasse ;

6° L'engrais sans chaux ;

7° La terre sans engrais (1).

Les figures 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66 montrent les résultats obtenus dans ces sept modes de culture.

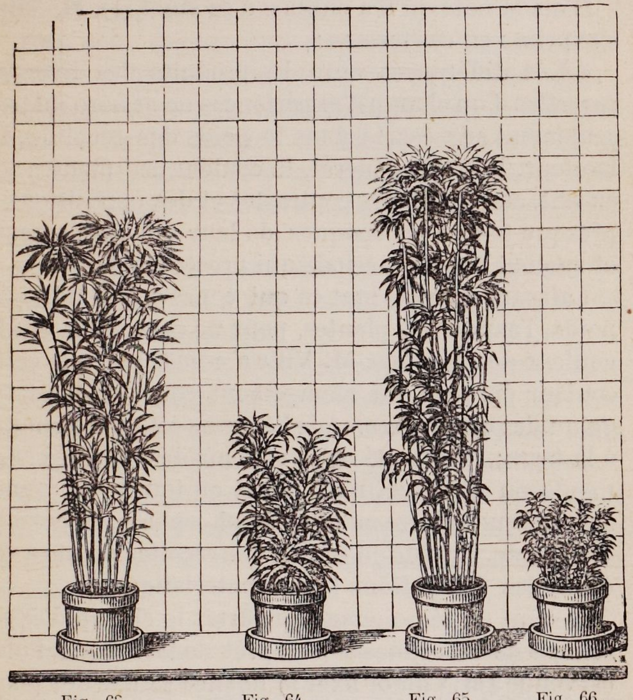


Fig. 63. Engrais sans phosphate. — Fig. 64. Engrais sans potasse. — Fig. 65. Engrais sans chaux. — Fig. 66. Terre sans aucun engrais.

M. Georges Ville ne s'en est pas tenu là, et dans une autre série d'expériences faites en 1888, il a mis

(1) Georges Ville. *Recherches sur les relations qui existent entre les caractères physiques des plantes et la richesse du sol en élément de fertilité.*

en lumière les relations qui existent entre la couleur des feuilles et la richesse des terres en agents de fertilité. Les essais culturaux ont porté sur les engrais précédents, moins l'engrais complet intensif.

Dans la note qu'il a publiée à ce sujet (1), M. Ville s'exprime en ces termes :

« Les différences entre les produits des diverses parcelles d'un champ d'expériences ne se bornent pas seulement aux écarts dans le poids des récoltes; la hauteur, le facies général, la couleur des plantes accusent, eux aussi, des contrastes et des oppositions à presque toutes les époques de leur développement, et surtout dans la période qui précède la floraison. »

Laissant de côté tout ce qui concerne la taille, le poids, l'aspect des plantes, pour ne considérer que la couleur des feuilles, M. Ville a remarqué que cette couleur éprouve un changement considérable lorsqu'un des quatre termes de l'engrais complet manque à la terre; l'intensité de la couleur des feuilles augmente ou diminue, reste verte ou tourne au jaune, suivant que la terre manque de phosphate, de potasse ou d'azote. La vue en masse des récoltes donne à cet égard des indications très caractéristiques.

Devant ce témoignage qu'offrait le champ d'expériences de Vincennes depuis près de trente ans, l'idée est venue à M. Ville de fixer la nuance exacte des plantes, à l'aide des cercles chromatiques de M. Chevreul.

La méthode suivie d'abord était d'une extrême simplicité : Observer de l'œil droit la masse des plantes couvrant les diverses parcelles, à l'aide d'un tube rec-

(1) Georges Ville. *Recherches sur les relations qui existent entre la couleur des feuilles et la richesse des terres en agents de fertilité.* Mémoire nº I.

tangulaire dont l'intérieur était noirci, et dans le même moment, chercher de l'œil gauche à saisir sur des gammes de laines teintes en vert, tirées des séries des cercles chromatiques de M. Chevreul, l'écheveau qui s'en rapprochait le plus.

Puis pour donner plus de précision à la méthode, M. Ville substitua à l'observation des plantes prises en masse, celle des feuilles et enfin l'observation dans celles-ci de la matière colorante (chlorophylle et carotine) (1) diluée dans un volume invariable d'alcool. M. Georges Ville est ainsi arrivé aux conclusions suivantes :

« 1° La coloration des feuilles change suivant les conditions où les plantes sont venues, c'est le fait culminant, primordial;

2° La couleur des liquides obtenus en traitant les feuilles par l'alcool après en avoir extrait la carotine correspond à l'observation directe des feuilles, mais présente des différences d'intensité moins accusées ;

3° Les dissolutions orangées de carotine présentent des variations d'intensité correspondantes à celle de la chlorophylle et forment une gamme parallèle à la première. »

(1) Sachant par les travaux de M. Arnaud que toutes les feuilles contiennent, indépendamment de la chlorophylle, une matière orangée, la *carotine*, qui est susceptible de cristalliser et qu'on peut obtenir absolument pure, M. Ville commence donc par déssécher les feuilles dans le vide, puis il les soumet à un premier traitement par l'éther de pétrole pour en extraire la carotine. Les feuilles sont reprises ensuite par l'alcool absolu, qui dissout la totalité de la chlorophylle ; car, après ce second traitement, il ne reste que le tissu végétal, absolument terne et sans matière colorante.

Les dissolutions que l'on obtient ainsi avec des poids égaux de feuilles et des volumes égaux d'alcool sont toutes vertes à des degrés différents d'intensité, et qui correspondent à ce qu'avait donné l'observation directe des feuilles.

Ces conclusions, dit l'auteur (1) sont le fruit de cinq années d'observation et d'efforts assidus, et pourtant je ne les présente que comme des conclusions d'attente.

Fournir aux agriculteurs des indications positives sur l'état de la terre, sans les astreindre à faire eux-mêmes des champs d'expériences, est le but que je poursuis. Pour cela, je m'applique à créer des types végétaux grâce auxquels les hommes pratiques, une récolte étant donnée, suivant le type dont elle se rapprochera le plus, pourraient savoir ce que la plante a reçu et ce qui lui a manqué, c'est-à-dire ce qui manque à la terre elle-même.

MM. Fagot et Fiévet ont donné, dans un travail du plus grand intérêt, les principales formules d'engrais chimiques à appliquer aux diverses cultures. Nous les donnons en partie ci-dessous pour fixer les idées avec quelques modifications toutefois, en faisant remarquer qu'on pourra faire varier les doses suivant la composition chimique du sol sur lequel on opère.

Ces doses correspondent à une restitution à peu près intégrale en tant que matières minérales, c'est-à-dire que les maxima indiqués représentent approximativement la totalité des matières salines contenues dans un bon rendement présumé à l'hectare.

A l'égard de la potasse, en bien des cas (sols argileux, copieuses et fréquentes fumures au fumier), on pourra réduire sensiblement la dose, ou même parfois la proscrire.

Quant au plâtre qui figure dans beaucoup de formules, il pourra sans grave inconvénient disparaître. Bien qu'apportant la chaux et l'acide sulfurique dont les bons effets sont incontestables, il est là surtout

(1) Georges Ville : Op. cit.

pour augmenter le volume, la masse de l'engrais à semer, et conséquemment, en rendre l'épandage plus facile (1). Nous ferons remarquer, pour notre part, qu'on pourra sans inconvénient remplacer le plâtre dans ces formules soit par des tourteaux pulvérisés, soit par de la tourbe, soit même par du sable.

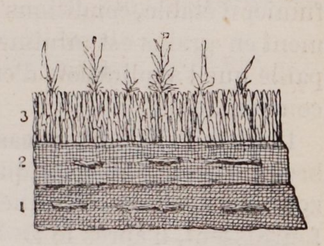


Fig. 67. — Coupe d'une Tourbière.
1. Tourbe compacte.
2. Tourbe mousseuse.
3. Sphagnum en pleine végétation.

La tourbe est particulièrement recommandable sous ce rapport, en raison de sa structure spongieuse, son emploi plus étendu donnerait un écoulement facile aux grandes quantités de ce produit qu'on extrait tous les ans des tourbières de la France. La tourbe se formant actuellement sous nos yeux, il y en a de plus ou moins décomposée, c'est évidemment à la tourbe compacte, la plus ancienne, située dans les couches inférieures des tourbières (fig. 67.) qu'il faut donner la préférence.

Engrais chimiques pour céréales.

M. Georges Ville fait de l'azote la dominante des céréales, mais quelques auteurs prétendent que l'acide phosphorique est l'engrais par excellence pour les céréales. Cette dernière assertion est exacte en ce sens que ces plantes aiment une nourriture phosphatée et en font grand profit, mais il est faux de prétendre que l'engrais phosphaté ou même azoté

(1) Fagot et Fiévet : *Guide élémentaire pour l'emploi des engrais chimiques.*

est le seul qui leur convienne. La potasse a souvent pour ces plantes autant de valeur que l'azote ou l'acide phosphorique. Ce n'est que dans les terrains humides et riches en humus ou bien fortement fumés avec du fumier d'étable, conditions dans lesquelles le rendement en grains est minime proportionnellement à la paille que l'application d'engrais phosphaté est à recommander.

Dans tous les autres cas, qui sont les plus nombreux, l'acide phosphorique doit être aditionnée d'azote et de potasse. Les quelques chiffres qui suivent, fournissent, d'après le Dr Wagner (1) un point d'appui à la détermination des doses d'engrais à appliquer aux céréales.

	Minimum par hect.	Moyenne par hect.	Maximum par hect.
	k.	k.	k.
Acide phosphorique soluble	30	50	80
Azote soluble	10	25	40
Potasse	30	50	100

Il faut surtout veiller à ne pas mettre un excès d'azote. En effet, cet élément étant en surabondance, soit qu'il existe déjà dans le sol, soit qu'il soit renfermé dans les engrais, se traduit par la *verse* des céréales, surtout si l'élément phosphaté n'est pas en quantité suffisante. Quant au phosphate de chaux, non-seulement il prévient la verse, mais encore il concourt à la formation du grain. Ce n'est que par lui qu'on obtiendra, — l'azote ne faisant pas défaut — quantité et qualité, — c'est-à-dire un bon rendement en grain, avec un poids convenable à l'hectolitre.

(1) Dr P. Wagner, *La question des engrais*, Paris, 1886.

BLÉ SUR JACHÈRE FUMÉE.

25 à 30.000 kgr. fumier		Automne
1.000 — phosphates fossiles ou scories.		
100 à 150 — nitrate de soude		Printemps.
200 à 300 — plâtre		

BLÉ AUX ENGRAIS CHIMIQUES SEULS EN TERRE ÉPUISÉE, OU BLÉ APRÈS BLÉ :

150 à 200 kgr. sulfate d'ammoniaque	Automne.
500 à 800 — superphosphate de chaux (1)	
50 à 200 — chlorure de potassium	
150 à 200 — nitrate de soude	Printemps.
200 à 300 — plâtre	

BLÉ APRÈS PLANTES SARCLÉES FUMÉES.

150 à 200 kgr. nitrate de soude	Printemps.
200 à 300 — superphosphate de chaux	
50 à 100 — chlorure de potassium	
200 à 300 — plâtre	

Ou bien 5 à 600 kgr. de potasse de phosphate fossile ou des scories à l'automne et suppression du superphosphate au printemps.

BLÉ SUR DEMI FUMURE ET ENGRAIS CHIMIQUES.

15 à 200 kgr. fumier	Automne.
1.000 — phosphates fossiles ou scories.	
200 à 300 — nitrate de soude	Printemps.
50 à 100 — chlorure de potassium	
200 à 300 — plâtre	

ACTION DES ENGRAIS SUR LES RENDEMENTS EN PAILLE ET EN GRAIN. — Les éminents agronomes de Rothamsted, MM. Lawes et Gilbert, ont pendant douze années,

(1) Le superphosphate pourra être remplacé par 1000 k. de phosphate fossile ou 2 à 3000 k. de scories.

poursuivi des expériences nombreuses sur l'action des différents engrais relativement à la proportion de grain et de paille dans le froment. Voici quelques-uns des résultats les plus importants qu'ils ont obtenus :

Engrais à l'hectare et par an	Grain pour 100 de paille.
N° (1) 35.000 kgr. fumier de ferme (20 ans)..........	57.9
(2) Sans engrais pendant 20 ans..................	57.8
(3) Superphosphate de chaux seul pendant 16 ans..	61.9
(4) 440 kgr. superphosphate......................	62.0
224 — sulfate de potasse....................	
112 — sulfate de soude......................	
112 — sulfate de magnésie...................	
(5) 112 — sels ammoniacaux plus l'engrais......	59.3
(6) 224 — — — — —	59.0
(7) 448 — — — — —	54.1
(8) 672 — — — — —	50.4
(9) 896 — — — — —	47.3
(10) 448 — — — plus superphosphates.	57.0
(11) 436 — — — avec engrais alcalins. et tourteaux......	64.4

De ce tableau et des autres expériences, il ressort que:

1° La proportion du grain à la paille est très influencée par la nature des engrais, leur quantité, et les proportions relatives des éléments qui les constituent. L'écart maximum (N° 11 à 9) est de 64.4 °/₀ à 47, 3, soit de 17, 1 ;

2° Le fumier de ferme et le champ considéré sans engrais fournissent une même proportion, 57.9 voisine de la moyenne générale, qui ressort à 56. 4 ;

3° Les superphosphates ont pour effet d'accroître très sensiblement la proportion moyenne du grain : 62 au lieu de 56.4 °/₀ ;

4° Les alcalis augmentent très légèrement la pro-

portion du grain ; de même leur mélange au superphosphate ;

5° Les engrais purement azotés diminuent la proportion du grain ; 49.8 et 54 au lieu de 57,8 ;

6° Le mélange des superphosphates aux sels ammoniacaux augmente la proportion de grains de 54 à 59 %;

7° Avec les mélanges des sels ammoniacaux et des sels minéraux renfermant des superphosphates et des alcalis, la dose des sels minéraux étant constante, la proportion du grain diminue à mesure que la dose d'ammoniaque augmente : 59.3 à 47.3 (N° 5 à 9) ;

8° Enfin, les tourteaux, riches en azote et en phosphates, mélangés aux sels ammoniacaux et aux alcalis, donnent la plus haute proportion : 64.4.

En ce qui concerne la composition du grain et de la paille, l'expérience démontre que les divers engrais exercent une action bien plus sensible sur la quantité que sur la qualité des produits. Les variations climatériques ou les saisons agissent d'une façon autrement intense sur la qualité du grain. Il en est de même pour le poids de l'hectolitre ; il dépend plus du caractère général des saisons que de la nature des engrais (1).

FUMURE POUR SEIGLE AUX ENGRAIS CHIMIQUES SEULS.

150 à 200 kgr.	sulfate d'ammoniaque.......		Automne.
300 à 500 —	superphosphate.............		
50 à 100 —	chlorure de potassium......		
200 à 300 —	plâtre.....................		

FUMURE POUR AVOINE EN SOL PEU FERTILE.

300 à 400 kgr.	superphosphate.............		au printemps.
100 à 150 —	sulfate d'ammoniaque.......		
100 —	chlorure de potassium......		

(1) M. C. V. Garola : *De l'emploi des engrais*. Amiens, 1890.

ou bien

100 kgr.	chlorure de potassium.............		au printemps.
300 —	superphosphate		
200 —	nitrate de soude..................		

Engrais chimiques pour prairies.

Dans la fertilisation des prairies, il faut fournir le plus de potasse et d'acide phosphorique possible, puisque les prés sont généralement riches en humus et n'ont pour cela même qu'un médiocre besoin d'azote.

Ici, il faut faire remarquer que le fumier n'est pas en complète harmonie, la plupart du temps, avec les besoins des prairies, il en résulte que seuls ou à peu près seuls, les engrais chimiques répondent par excellence aux exigences des prairies naturelles.

Par le fumier on apporterait fort souvent beaucoup trop d'azote, quelquefois aussi trop de potasse, mais toujours une quantité insuffisante d'acide phosphorique, il y aurait donc gaspillage d'une part et pénurie de l'autre.

PRAIRIES NATURELLES A FAUCHER (engrais chimiques seuls).

80 à 100 kgr.	nitrate de soude.............		Printemps.
300 à 400 —	phosphates fossiles ou scories.		
50 à 150 —	chlorure de potassium.......		
200 à 300 —	sulfate de chaux.............		

On peut remplacer le nitrate de soude, par 60 à 80 kilogrammes de sulfate d'ammoniaque.

PRAIRIES NATURELLES A PATURER (engrais chimiques seuls).

50 à 60 kgr.	nitrate de soude (ou........		au printemps
40 à 50	sulfate d'ammoniaque).......		
200 à 300 —	phosphates fossiles ou scories.		
30 à 40 —	chlorure de potassium......		
200 à 300 —	plâtre.....................		

PELOUSES OU GAZONS. (Engrais chimiques seuls).

200 à 300 kgr.	de nitrate de soude.	Printemps.
100 à 150 —	superphosphate de chaux.	

PRAIRIES ARTIFICIELLES. — On désigne sous ce nom des prairies monophytes, d'une durée variable, trois à sept ans, formées soit de trèfle, soit de luzerne, soit de sainfoin.

Dans les prairies naturelles on peut encore faire intervenir l'élément azote, car ces prairies sont polyphytes, c'est-à-dire formées de graminées (sensibles aux engrais azotés) et de légumineuses (insensibles à l'azote); mais les prairies artificielles étant exclusivement formées de légumineuses, il faut éviter de leur donner de l'azote et cela avec d'autant plus de raison qu'elles absorbent l'azote de l'air comme nous l'avons vu dans la première partie de cet ouvrage. Ainsi que nous l'expliquons plus bas, les prairies artificielles sont même cultivées quelquefois spécialement en vue de fournir de l'azote au sol dans la méthode de la *sidération*. Suivant la nature du sol, on devra recourir pour ces cultures fourragères, soit à l'acide phosphorique seul, soit à un mélange d'acide phosphorique et de potasse, enfin nous avons vu au chapitre des amendements qu'on peut encore fournir de la potasse assimilable à ces plantes par l'application des plâtrages.

MM. Fagot et Fiévet donnent la formule générale suivante pour les prairies artificielles de légumineuses :

300 à 400 k.	de superphosphate (1)..........	au printemps
100 à 200 kgr.	chlorure de potassium.......	Printemps ou automne.
300 à 400 —	plâtre......................	

Plâtrage : de 350 à 450 k. en avril ou mai.

(1) On peut le remplacer par du phosphate fossile ou des scories appliquées à plus forte dose à l'automne.

M. Garola, directeur de la station agronomique de Chartres, a fait pendant deux années successives en 1887 et 1888 de très-intéressantes expériences sur les engrais qui conviennent le mieux aux prairies artificielles de luzerne et de sainfoin. La prairie mise en expérience n'avait pas reçu d'engrais depuis l'époque de son semis, en 1886. Le tableau suivant résume ces recherches :

NUMÉROS des parcelles.	NATURE DE L'ENGRAIS EN 1886	RÉCOLTE 1887	RÉCOLTE 1888	MOYENNE	EXCÉDENTS moyens
		quint	quint	quint	quint
1	Petite fumure	60.0	50.0	55.0	9.5
2	Grosse fumure.	63.5	59.0	61.2	15.7
3	Engrais complet phosphaté.	63 5	46.5	55.0	9.5
4	Engrais complet superphosphate.	69 0	57.5	63.2	17.7
5	Rien.	52 5	38.5	45.5	
6	Engrais sans potasse.	64.5	54.5	59.5	14.0
7	Engrais complet superphosphate. .	69.0	56.0	62.5	17.0
8	Engrais sans acide phosphorique. .	54.0	48.5	51.2	5.7
9	Engrais sans azste..	73.0	54.5	63.7	18.2
moy. des 4, 7 et 9.	Engrais complet et minéral.	70.0	56.0	63.0	17.5

Les fumures employées sont les suivantes :

1° Petite fumure, 140 k. de fumier de ferme,
2° Grosse fumure, 240 k. de fumier.

3° Engrais complet au phosphate : 90 k. d'acide phosphorique, 30 k. d'azote nitrique et 60 k. de potasse.
4° Engrais complet au superphosphate : même composition que le n° 3, mais l'acide phosphorique est soluble au citrate.
6° Comme le n° 4, moins la potasse
7° Comme le n° 4.
8° Comme le n° 4, moins l'acide phosphorique.
9° Comme le n° 4, moins l'azote.

L'excédent de récolte de la première année pour la seconde s'explique par la rigueur du dernier hiver, elle est manifeste pour toutes les parcelles. Quant à l'effet des engrais, il est sensiblement parallèle en 1887 et 1888.

Les conclusions sont les suivantes :

1° L'influence des résidus de fumure antérieures moyennes ou fortes, de fumier de ferme, est très nette.

La fumure ordinaire donne 9 quintaux 5 d'excédent, la grosse fumure 15 quintaux 7. En deuxième année l'effet du fumier est plus énergique.

2° L'influence de l'engrais minéral phospho-potassique éclate lorsque l'on considère les résultats des parcelles 3, 7 et 9, dont l'excédent moyen est de 1796.

3° L'action de l'acide phosphorique soluble est caractéristique. La suppression de cet agent abaisse le rendement de 11,9 × 9, ainsi qu'il ressort de la comparaison des parcelles 4,7,9 et 8

4° Le phosphate minéral n'a pas non plus été sans action sur le rendement de la luzerne, mais le superphosphate a eu incontestablement une grande supériorité sur lui, que la différence de prix ne compense en aucune façon.

Sidération. — L'aptitude toute spéciale qu'ont les plantes légumineuses, de puiser l'azote dans l'at-

mosphère, comme nous l'avons exposé page 16, peut être mise à profit. Cet azote *sidéral*, suivant l'expression de M. Georges Ville, peut être utilisé selon les circonstances économiques comme le cultivateur le jugera à propos, soit qu'il emmagasine ses récoltes pour les faire consommer dans la ferme et augmenter ainsi la masse des fumiers, soit qu'il les incorpore au sol par un labour.

La culture des légumineuses en vue de l'enfouissement en vert du produit obtenu, (1) consiste à faire ce que, depuis peu, on appelle de la *sidération*.

Par cette méthode, il suffit de fournir au sol, sans parcimonie, il est vrai, tout l'acide phosphorique, toute la potasse et la chaux nécessaires à l'obtention d'un bon rendement en légumineuses pour provoquer par l'entremise de celles-ci, et à bon marché, la prise dans l'atmosphère d'une quantité considérable d'azote dont bénéficieront les récoltes ultérieures et les céréales en particulier. C'est, en un mot le moyen de se procurer de l'azote à un prix de revient aussi bas que possible ; on diminuera par là, notablement, la dépense d'achat des agents fertilisants, puisque l'azote, le plus coûteux d'entre eux, par ce procédé, pourra ne plus occuper qu'une petite place dans les formules.

A ces nombreux avantages, on peut encore ajouter l'heureuse action des matières organiques fournies en abondance par la sidération, qui apporte de l'humus, de la fraîcheur, et aussi par sa fermentation, une quantité considérable d'acide carbonique qui, en se dissolvant dans l'eau, fait de celle-ci un puissant réactif envers les calcaires et les phosphates.

(1) Voy. Troisième partie : *Enfouissements végétaux*, page 101.

Engrais chimiques pour plantes sarclées.

Les plantes sarclées les plus importantes de l'agriculture française sont : la betterave à sucre, la betterave fourragère et la pomme de terre.

Ici c'est surtout l'acide phosphorique qui doit dominer dans les formules, l'azote et la potasse viennent en seconde ligne. On a prétendu que la potasse devait être l'engrais dominant pour ces cultures, ceci n'est nullement prouvé, car ces plantes bien au contraire semblent avoir une *aptitude* toute spéciale à retirer la potasse qui leur est nécessaire, même des combinaisons les plus insolubles :

Voici d'après le Dr Wagner, les limites pour les quantités d'engrais à employer par hectare :

	Minimum	Moyenne	Maxima
POUR LES POMMES DE TERRE	kgr.	kgr.	kgr.
Acide phosphorique soluble....	30	40	50
Azote........................	20	25	30
POUR LES BETTERAVES			
Acide phosphorique soluble....	40	60	80
Azote........................	20	30	60

A ce sujet il faut remarquer que :

1° L'acide phosphorique est à donner habituellement sous forme de phosphate acide, et l'azote *toujours* sous forme de nitrate de soude.

2° Pour les betteraves il ne faut jamais employer le nitrate de soude *seul*, mais toujours y ajouter de l'acide phosphorique. Sur une partie d'azote on prend habituellement 2 parties d'acide phosphorique.

3° Jamais il ne faut employer le nitrate de soude comme engrais de surface, ni pour les betteraves, ni pour les pommes de terres.

BETTERAVES A SUCRE. — Il ne faut jamais cultiver cette plante sur fumier seul, toujours pour avoir un fort rendement et une grande richesse en sucre, il faut ajouter des engrais minéraux. Voici pour cette plante une formule des plus recommandables, qui nous a donné d'excellents résultats :

30.000 kgr.	de fumier de ferme bien décomposé		Automne.
100 à 120 kgr.	nitrate de soude		au printemps.
100 à 120 —	nitrate de potasse		
400 à 500 —	de superphosphate		
200 à 300 —	de plâtre		
100 à 125 kgr.	de tourteau		en automne.

Pour la betterave à sucre aux engrais chimiques seuls. MM. Fagot et Fiévet donnent la formule suivante :

400 à 500 kgr.	nitrate de soude	au printemps.
800 à 1.000 —	superphosphate	
150 à 250 —	chlorure de potassium	
200 à 300 —	de plâtre	

BETTERAVE FOURRAGÈRE. — Au fumier et engrais chimiques.

35 à 40.000 kgr.	de fumier	en automne.
250 à 400 kgr.	nitrate de soude	au printemps.
200 à 300 —	sulfate de chaux	

Pour la betterave fourragère aux engrais chimiques seuls :

400 à 600 kgr.	nitrate de soude
200 à 300 —	superphosphate
150 à 300 —	chlorure de potassium
200 à 300 —	plâtre

POMME DE TERRE.—Avec fumier et sels chimiques :

30.000 kgr.	fumier	en automne,

150 à 200 kgr. superphosphates............		
50 à 100 — chlorure de potassium.......		au printemps.
200 à 300 — de plâtre..................		

Avec engrais chimiques seuls :

200 à 400 kgr. de nitrate de soude
350 à 450 — superphosphates
200 à 300 — chlorure de potassium
200 à 300 — plâtre

Engrais chimiques pour la Vigne.

Sur bon nombre de vignobles on emploie le fumier de ferme seul, sur d'autres on lui associe des engrais minéraux, enfin sur quelques-uns, on n'emploie que des engrais chimiques; nous donnons ici trois formules bien caractéristiques.

Formule du Dr Wagner. — Le Dr P. Wagner, de Darmstadt d'après les résultats de nombreuses expériences, recommande la méthode suivante pour le fumage des vignobles, les chiffres s'appliquent à l'hectare.

1re année,	Fumier....................	60.000 kgr.
1re année	Acide phosphorique soluble.........	40 kgr.
2e année	Acide phosphorique soluble........	60 —
	Potasse..........................	40 —
3e année	Acide phosphorique soluble.........	60 —
	Potasse..........................	80 —
	Azote........	15 —
4e et dernière année du cycle.	Acide phosphorique soluble.........	80 —
	Potasse..........................	10 —
	Azote..........................	25 —

Formule de MM. Fagot et Fiévet.— Engrais chimiques seuls à appliquer au printemps :

100 à 150 kgr. nitrate de soude
200 à 250 — de superphosphate de chaux
100 à 150 — chlorure de potassium
200 à 300 — plâtre

FORMULE DE M. GEORGES VILLE. — En 1889, M. Georges Ville a donné une formule d'engrais pour vignobles qui doit dit-il donner des résultats merveilleux. Au moment où nous écrivons ces lignes, M. Georges Ville poursuit une enquête à ce sujet :
Voici la formule :

Superphosphate de chaux........	40	pour 100
Carbonate de potasse raffiné.....	20	—
Sulfate de chaux................	40	—
	100	

Mélanger le tout, et mettre 100 grammes à chaque pied de vigne.

Si le prix du carbonate de potasse est trop élevé, employer l'engrais suivant :

Superphosphate de chaux........	40	0/0
Nitrate de potasse..............	30	—
Sulfate de chaux................	30	—
	100	

M. Ville pense que l'engrais ainsi appliqué, dans une excavation de 15 m. de profondeur au pied, donne assez de force à la vigne pour résister au phylloxera en même temps qu'il augmente les rendements dans des proportions énormes.

Emploi des engrais chimiques en horticulture.

En horticulture l'emploi des engrais chimiques commence, également à se répandre, non seulement sur les plantes potagères, mais encore sur les plantes ornementales de jardins et d'appartements.

Pour les plantes à feuillage, on peut employer un mélange se rapprochant tant soit peu du suivant :

Nitrate de soude	3	kgr.
Superphosphate	4	—
Chlorure de potassium	1	—
Plâtre	4	—
Sulfate de fer	2	—

300 grammes de ce mélange par mètre carré.

Pour les plantes à fleurs en massif :

2 k. nitrate de soude
10 » superphosphate
2 » chlorure de potassium
4 » plâtre
2 » sulfate de fer
300 grammes de ce mélange par mètre carré.

M. le marquis de Paris a donné une grande quantité de formules pour diverses plantes horticoles, nous lui emprunterons seulement son mélange pour fraisiers qui a donné des résultats très appréciables:
Il y entre par are :

Nitrate de soude	0 k. 500
Sulfate d'ammoniaque	0 » 500
Chlorure de potassium	1 »
Superphosphate	3 »
Sulfate de chaux	2 »

Pour les rosiers et arbustes, M. Georges Ville préconise la formule suivante :

Superphosphates	40	pour 100
Carbonate de potasse raffiné	20	—
Plâtre	40	—
	100	

On donne à chaque pied, suivant sa force, 60 à 100 gram. d'engrais qu'on répand dans une petite cuvette pratiquée autour de la plante.

Pour les fleurs de serres et d'appartements, il existe dans le commerce un grand nombre de mélanges tout formés, celui de M. E. Poiret à Arras, est particulièrement recommandable. Mais indépendamment de ces mélanges dont la composition est la propriété des inventeurs, nous pouvons donner deux formules dont l'une est due à M. G. Ville et l'autre à M. Grandeau :

1°	Superphosphate	33	p. 100
	Nitrate de potasse	17	—
	Nitrate de soude	25	—
	Plâtre	25	—
		100	

On mélange cet engrais à la terre des pots, à raison de 3 grammes d'engrais par kilogramme de terre.

Pour les fleurs de pleine terre on applique 12 k. d'engrais par are.

2°	Nitrate de chaux	100	grammes
	Nitrate de potasse	25	—
	Phosphate de potasse	25	—
	Sulfate de magnésie	25	—

On fait dissoudre à raison de 5 grammes par litre d'eau et on arrose les plantes une fois par mois avec cette solution en ayant soin de ne pas mouiller les feuilles. Ou bien on met 10 grammes dans la terre avant l'empotage.

CHAPITRE VIII

ACHAT ET EMPLOI DES ENGRAIS.

Épandage des engrais chimiques.

Il est bien rare qu'on répande un engrais salin seul et à l'état exclusif, généralement ce sont des mélanges ou engrais composés qu'on porte sur le champ. Si on a à appliquer un seul engrais, et à faible dose, on le mêle avec une matière pulvérulente inerte, tourteau, plâtre, tourbe, sable ou terre afin de rendre la répartition plus uniforme. En tous cas les engrais doivent être, le plus possible à l'état de poudre fine et homogène ; s'il y a des grumeaux, on doit les écraser et les piler. On répand les engrais chimiques de deux manières :

1° à la main,

2° au semoir mécanique.

Lorsqu'on les répand à la main, un jour ou deux avant l'épandage, on les mêle avec deux ou trois fois leur volume de la matière inerte, afin de les répandre bien uniformément. Remarquons toutefois que ces sels ne sont pas agréables à semer à la main ; ils gênent l'odorat, souvent même la respiration et dans bien des cas ils sont plus ou moins corrosifs. Aussi l'emploi des distributeurs ou semoirs à engrais est-il bien préférable. Un grand nombre de ces instruments sont répandus aujourd'hui dans le commerce.

Parmi les plus employés il faut citer celui de M. Ch. Faul, appelé le *Hérisson* (fig. 68 à 71).

1° La machine vue de devant (fig. 68) ;

2° La machine vue de derrière (fig. 69) ;

3° Une coupe transversale avec caisse remplie (fig. 70) ;

4° Une coupe transversale avec caisse vidée (fig. 71).

La machine consiste en une caisse O (fig. 70) d'une longueur de 2^m 83, supportée par 2 roues en bois d'une hauteur de 1^m 25. La caisse contient de 125 à 150 kilogr. de superphosphates ; sa partie postérieure N (fig. 69) est *fixe* et fait corps avec les deux côtés (frontons) en fonte. Par contre, la paroi antérieure O, qui comprend aussi le fond et forme ainsi la caisse proprement dite, est *mobile*, c'est-à-dire qu'elle monte et descend par l'action des crémaillères K.

La distribution de l'engrais est opérée par un arbre M placé en dehors et au-dessus de la caisse et qui est armé de pointes (broches) très serrées dont l'une des extrémités affecte la forme d'une palette. (Consulter la figure qui montre la machine avec capote Q et distributeur relevés pendant le remplissage de la caisse.)

Cet arbre distributeur, sorte de hérisson, d'où le nom donné à cette machine, tourne dans des coussinets logés dans les deux côtés de la capote Q ; il expulse d'une façon admirablement régulière, la matière qui lui est amenée par la caisse O. Après avoir fait descendre complètement la caisse O au moyen de quelques tours de la manivelle P (fig 69 et 70) on la remplit, puis on fait embrayer la commande par le levier R, et le pignon G (fig. 69 qui commande la vis sans fin F, et l'on met en marche. Alors la caisse O commandée par les pignons *l* et les crémaillères *k* (fig. 70 et 71) monte automatiquement et peu à peu

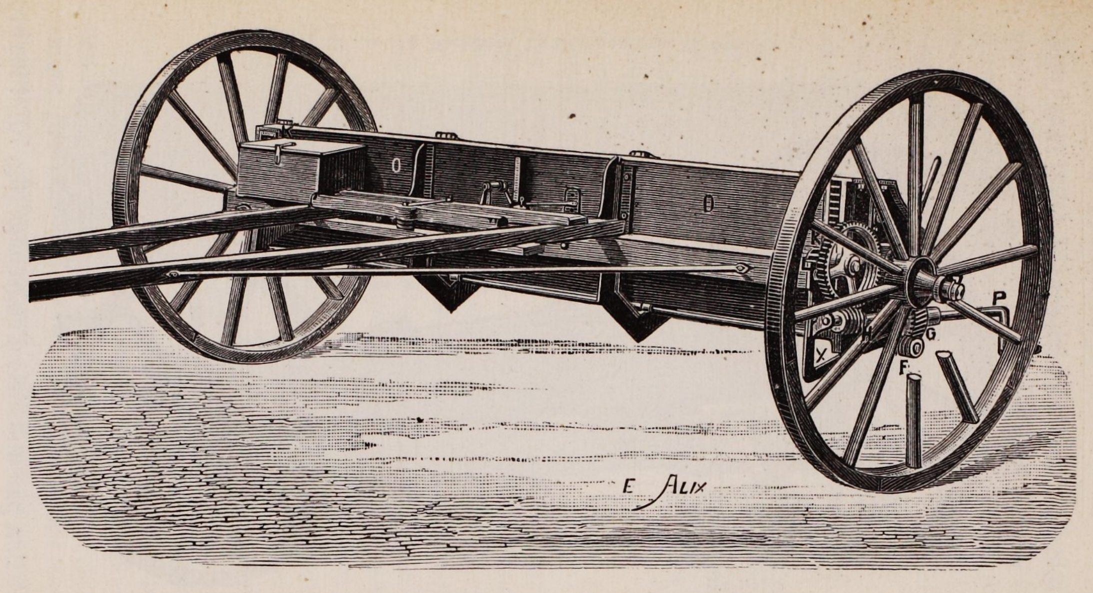


Fig. 68. — La Machine " Le Hérisson " vue de devant.

19.

vers le distributeur (hérisson) M. Celui-ci est mis en

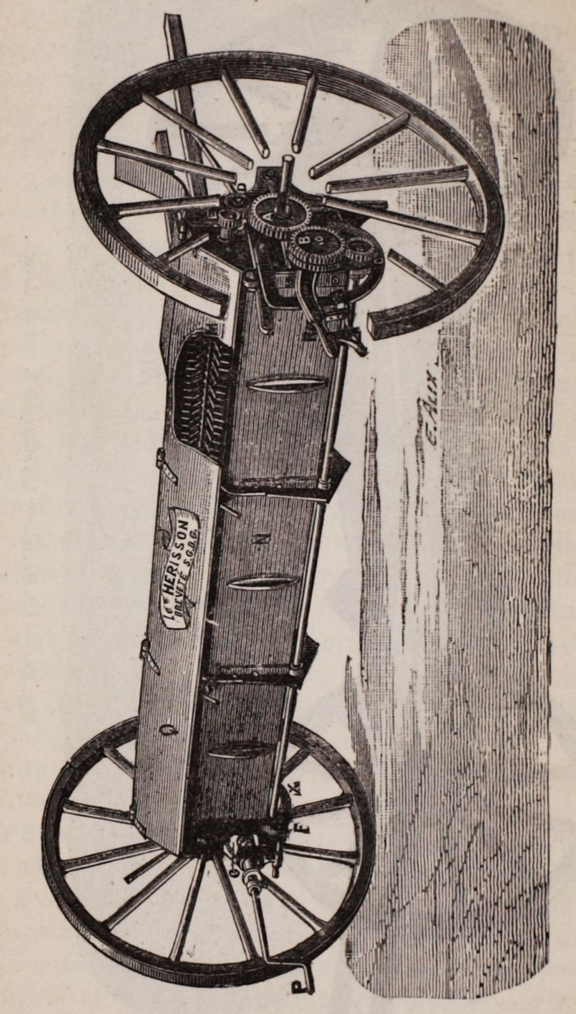


Fig. 69. — La Machine " Le Hérisson " vue de derrière.

rotation par une série d'engrenage (fig. 70) et les bro-

ches, dont il est armé, projettent par dessus la paroi postérieure N du semoir (fig. 69) une quantité de matière exactement déterminée par l'ascension plus ou moins lente de la caisse. La vitesse d'ascension est réglée au moyen de 2 engrenages intermédiaires ayant 30 ou 18 dents et de 7 pignons de rechange ayant 30, 27, 24, 21, 18, 15, 12 ou 10 dents. C'est ainsi que la quantité d'engrais répandue peut être réglée, pour des superphosphates par exemple, depuis 100 kilogr. jusqu'à 1100 kilogr. à l'hectare. — Lorsque le contenu de la caisse est épuisé, le conducteur est averti par le déclanchement d'un disque qui se présente subitement au-dessus de la caisse. Simultanément et au moyen d'un *débrayage automatique* X (fig 69) le mouvement ascensionnel de la caisse est arrêté, ce qui est très important. L'épandage est opéré d'une façon absolument régulière, il ne se forme ni mottes, ni galettes, puisque le contenu de la caisse n'est touché que superficiellement par les dents du hérisson et que cette couche très mince est aussitôt expulsée de la caisse. Pour la même raison il ne se produit pas d'encrassement dans la caisse que l'on vide et nettoye d'ailleurs sans la moindre difficulté. Le poids de la machine est d'en-

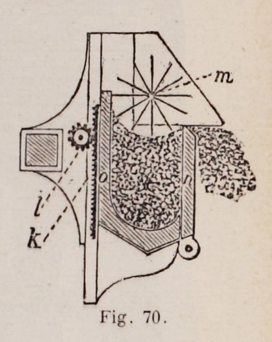


Fig. 70.

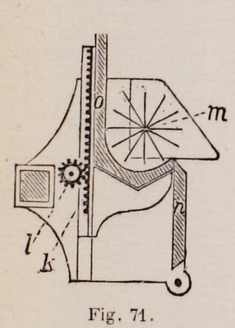


Fig. 71.

viron 330 kilogr. *Un seul cheval* de force moyenne

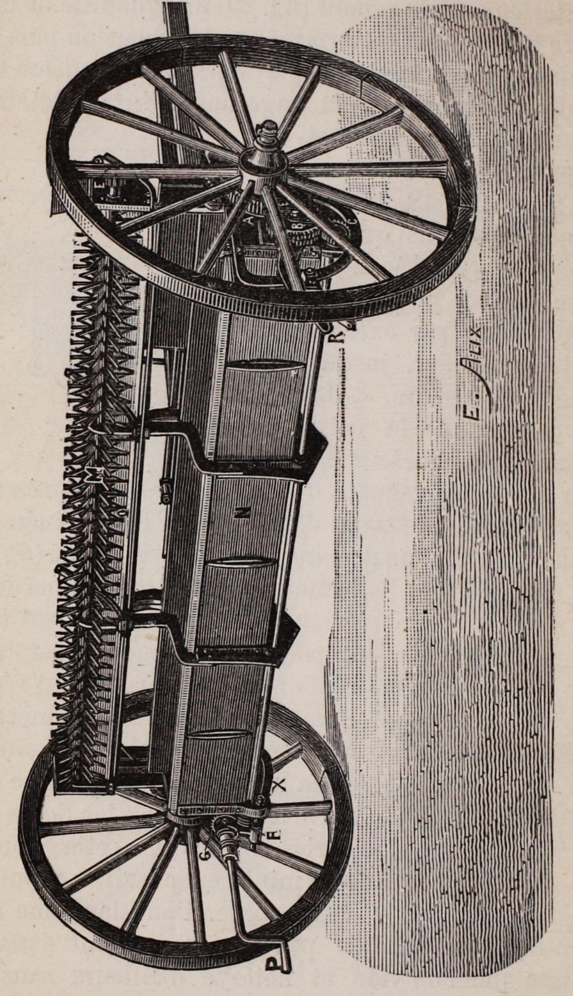


Fig. 72.

fournit parfaitement la traction, et un homme seul

suffit au besoin pour la conduite ; mais l'emploi de

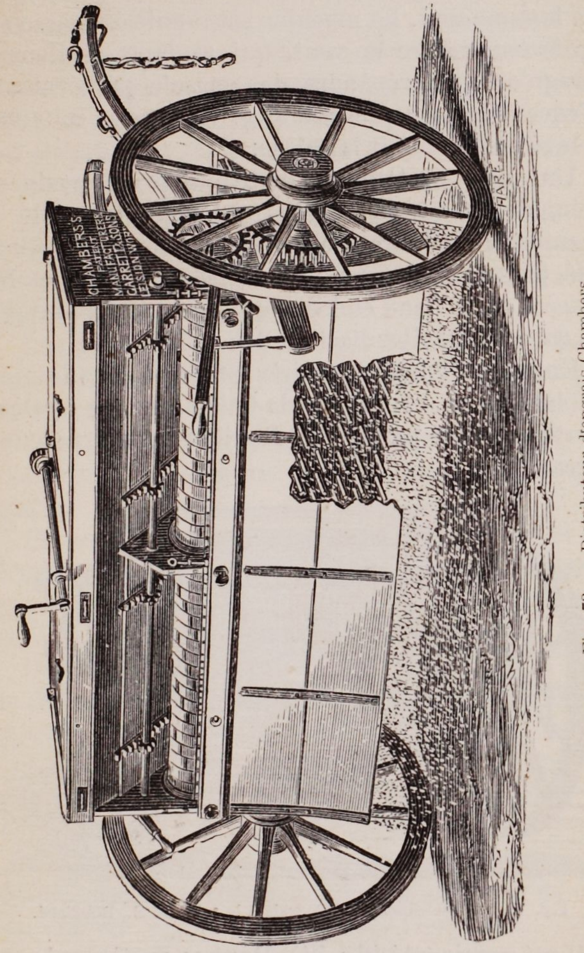


Fig. 73. — Distributeur d'engrais Chambers.

deux hommes sera toujours préférable à cause du

remplissage de la caisse, les sacs d'engrais généralement lourds, étant d'une manœuvre peu aisée pour un homme seul. La machine est munie d'un appareil protecteur contre le vent, qui s'adapte facilement lorsqu'on veut répandre des engrais pulvérulents. L'ensemble est représenté (fig. 72) avec le couvercle relevé pour remplir la caisse.

Un autre système de distributeur d'engrais est celui de Chambers (fig. 73) qui peut être réglé de manière à répandre exactement par hectare la quantité prescrite; l'engrais est divisé par des chevilles placées entre deux cloisons qui descendent tout près du sol afin d'éviter l'action des vents.

Enfin un distributeur très employé dans le nord de la France et le Pas-de-Calais, est le système Smyth modifié par M. E. Robillard constructeur à Arras.

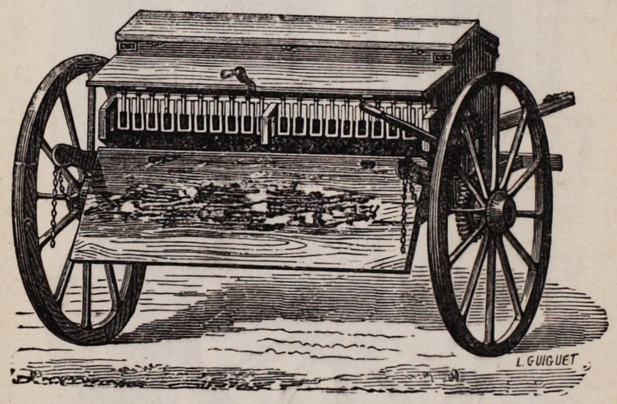


Fig. 74. — Distributeurs d'Engrais à la volée de E. Robillard.

Il est représenté (fig. 74). Dans ce système, le coffre, monté sur deux roues, est divisé en deux par-

ties par une vanne ; à l'arrière se trouve le cylindre distributeur composé d'une série de disques à palettes espacées de 0 m. 10, mis en mouvement par un pignon engrenant avec la roue motrice de droite.

Afin d'assurer un épandage régulier, des décrottoirs en acier sont fixés à l'arrière et au-dessus du baril distributeur, et la pression de ces décrottoirs se règle suivant le degré de l'humidité de l'engrais.

A sa sortie du coffre, l'engrais tombe dans la boîte à distribution, suspendue à l'arrière de l'instrument et descendant tout près du sol afin d'éviter l'action dispersive du vent.

Les quantités à répandre par hectare sont facilement réglées par des pignons et par l'élévation plus ou moins grande à laquelle on fixe la vanne maintenue à l'ouverture voulue, par une cheville en fer que l'on fixe dans les trous gradués sur la gauche du coffre.

Un seul cheval suffit pour la conduite de cet instrument, qui rend possible l'épandage des engrais en quantités fixes et uniformément distribués sur le sol.

On répand les engrais chimiques avant ou après le dernier labour, suivant que la plante a des racines pivotantes ou traçantes.

Les sels qui constituent ces matières fertilisantes étant en général très solubles dans l'eau on a tout avantage à ne pas les semer en même temps que les graines. En effet, lorsque la graine germe elle ne souffre pas de matières acides ou alcalines en contact direct avec elles, d'ailleurs l'engrais en l'enveloppant empêcherait l'accès de l'air, ce qui est défavorable à la germination.

Il importe d'enfouir l'engrais à la profondeur convenable, on y parvient avec la charrue, le scarificateur ou la herse.

Enfin dans l'épandage des engrais, nous ne saurions trop recommander de se conformer aux trois prescriptions suivantes :

1° Choisir pour l'épandage un temps calme, et ajourner l'opération si le vent souffle trop fort.

2° Eviter les accumulations d'engrais par places.

3° Donner un coup de herse ou de charrue après avoir semé l'engrais, pour l'incorporer au sol.

Précautions a prendre dans les mélanges d'engrais.

Nous avons vu que les engrais doivent être écrasés et pilés et mélangés quelques jours avant l'épandage ; toutefois sous ce rapport, il y a quelques précautions à prendre.

C'est ainsi que les nitrates de soude et de potasse ne doivent être mélangés avec les superphosphates que quelques heures à l'avance, car ces derniers renfermant toujours une certaine proportion d'acide sulfurique libre, celui-ci réagit au bout de peu de temps sur le nitrate et met son acide nitrique, c'est-à-dire l'azote en liberté. De même le sulfate d'ammoniaque ne devra jamais être mélangé avec de la chaux, car en raison de sa volatilité l'ammoniac s'échapperait du mélange.

La fraude dans le commerce des engrais

Falsifications des engrais. — Les engrais chimiques n'ont pas échappé eux non plus au fléau de notre époque, à la falsification et celle-ci pratiquée sur une grande échelle n'a pas peu contribuée à jeter

le discrédit sur des matières fertilisantes. Des marchands peu scrupuleux n'ont pas craint de parcourir les campagnes en offrant aux petits cultivateurs, à des prix élevés, des mélanges d'engrais baptisés d'un nom pompeux et qui devaient doubler les récoltes. Que de braves cultivateurs s'y sont laissés prendre, mais comme la plupart du temps ces merveilleux mélanges ne renfermaient que des matières inertes, le résultat a été nul, et l'agriculteur découragé par cette dépense improductive en a bien souvent conclu à la négative en ce qui concerne les effets des engrais chimiques.

La fraude atteignait de telles proportions, que déjà en 1851, les pouvoirs publics avaient édictés une loi repressive : mais à la suite de l'enquête sur les engrais industriels, faite en 1864 par ordre du gouvernement, la commission présidée par M. Dumas avait demandé la révision de cette loi qui était insuffisante. Satisfaction a été donnée à cette juste requête, le pouvoir exécutif vota en 1867 une autre loi plus sevère, celle-ci est restée en vigueur jusqu'en 1888, où la question a été reprise et une autre loi édictée, c'est celle que nous reproduisons plus bas :

Pour le moment, il nous faut jeter un rapide coup d'œil sur la manière dont on fraude le plus communément les engrais.

De tous les engrais chimiques, c'est le nitrate de soude qui est le plus souvent falsifié, en raison même des grandes quantités qui sont demandées.

Il faut remarquer que tout nitrate de soude livré au-dessous de 15 p. 100 d'azote est du nitrate falsifié. Or, la fraude est tellement répandue, malgré les rigueurs de la loi, qu'un grand nombre d'analyses ont

donné même en 1887 une teneur de 9 à 10 p. 100 d'azote.

Beaucoup de substances qu'on trouve partout à bas prix sont communément employées pour falsifier le nitrate de soude, parmi les principales, nous mentionnerons surtout le sel marin, les sels de Stassfurth de qualité médiocre, le sable quartzeux, etc. Ainsi M. Vivien, directeur de la station agronomique de Seine-et-Marne a analysé en 1889, un certain nombre d'échantillons de nitrates dont deux présentaient la composition suivante :

	I.	II.
Nitrate pur (contenant en azote)	59.43 9.79	52.57 8.45
Chlorure de sodium......	0.96	0.47
Résidu insoluble (sable)...	38.23	46.97
Eau et matières non dosées.	1.38	1.26

De pareils produits tombent évidemment sous le coup de la loi, et on ne saurait trop engager les agriculteurs à faire analyser leurs engrais lorsqu'ils les achètent. Les nombreuses stations agronomiques qui existent en France sont en partie, créées dans ce but.

Le sulfate d'ammoniaque, l'engrais azoté par excellence, à cause de son prix élevé, est lui aussi, sujet à de nombreuses falsifications. Les mélanges avec du sable, du chlorure de sodium et du sulfate de magnésie ou de soude, ont été maintes fois constatés. M. Petermann, Directeur de la station agricole de l'Etat en Belgique, a même trouvé des échantillons renfermant de l'acide sulfurique libre adhérent aux cristaux de sulfate d'ammoniaque. L'un d'eux offrait la composition suivante :

Sulfate d'ammoniaque renfermant 17.16 0/0 d'azote...............	80.90 p. 100

Acide sulfurique libre..........	15.83
Eau et sable....................	3.27

L'emploi de pareils produits au moment du semis ou, plus tard, en couverture présente naturellement le plus grand danger à cause de leurs propriétés corrosives.

Les phosphates naturels sont assez rarement falsifiés, à cause de leurs bas prix et de leur aspect particulier.

Il n'en est pas de même des superphosphates auxquels on ajoute assez souvent du plâtre ou même de la chaux.

Le chlorure de potassium se falsifie le plus communément par l'adjonction de sel marin et de sable. Au sulfate de potasse, dont le prix est élevé, on ajoute souvent du sulfate de soude.

Enfin, le noir animal est l'objet de falsifications très-nombreuses et il n'est pas rare de voir vendre sous ce nom des phosphates naturels de faible richesse, noircis artificiellement.

Loi répressive des fraudes dans le commerce des engrais :

Article 1. — Seront punis d'un emprisonnement de six jours à un mois et d'une amende de 50 à 2000 francs, ou de l'une de ces deux peines seulement :

Ceux qui, en vendant ou en mettant en vente des engrais et des amendements, auront trompé ou tenté de tromper l'acheteur, soit sur leur nature, leur composition ou le dosage des éléments utiles qu'ils contiennent, soit sur leur provenance, soit par l'emploi, pour les désigner ou les qualifier d'un nom qui, d'après l'usage est donné à d'autres subtances fertilisantes.

En cas de récidive, dans les trois ans qui ont suivi la dernière condamnation, la peine pourra être élevée à deux mois de prison et 4000 francs d'amende.

Le tout sans préjudice de l'application du paragraphe 3 de l'ar-

ticle 1er de la loi du 27 mars 1851, relatif aux fraudes sur la quantité des choses livrées, et des articles 7, 8 et 9 de la loi du 23 juin 1857, concernant les marques de fabrique et de commerce.

Art. 2.— Dans les cas prévus à l'article précédent, les tribunaux peuvent en outre des preuves ci-dessus portées, ordonner que les jugements de condamnation seront, par extrait ou intégralement, publiés dans les journaux qu'ils détermineront, et affichés sur les portes de la maison et des ateliers ou magasins du vendeur, et sur celles des mairies de son domicile et de celui de l'acheteur.

En cas de recidive dans les cinq ans, ces publications et affichages seront toujours prescrits.

Art. 3. — Seront punis d'une amende de 11 à 15 francs inclusivement, ceux qui, au moment de la livraison, *n'auront pas fait connaître* à l'acheteur, dans les conditions indiquées à l'article 4 de la présente loi, la provenance naturelle ou industrielle de l'engrais ou de l'amendemeut vendu et *sa teneur en principes fertilisants.*

En cas de récidive dans les trois ans, la peine de l'emprisonnement, pendant cinq jours au plus, pourra être appliquée.

Art. 4.— Les indications dont il est parlé à l'article 3 seront fournies soit dans le contrat même, soit dans le *double de commission* délivré à l'acheteur au moment de la vente, soit *dans la facture* remise au moment de la livraison

La eneur en principes fertilisants sera exprimée par *les poids d'azote, d'acide phosphorique et de potasse contenus dans 100 kilogrammes de marchandise, facturée telle qu'elle est livrée, avec l'indication de la nature ou de l'état de combinaison de ces corps,* suivant les prescriptions du règlement d'administration publique dont il est parlé en l'article 6.

Toutefois, lorsque la vente aura été faite avec stipulation du règlement du prix d'après l'analyse à faire sur échantillon prélevé au moment de la livraison, l'indication préalable de la teneur exacte ne sera pas obligatoire, mais mention devra être faite du prix du kilogramme de l'azote, de l'acide phosphorique et de la potasse contenus dans l'engrais, tel qu'il est livré et de l'état de combinaison dans lequel se trouvent ces principes fertilisants. La justification de l'accomplissement des prescriptions qui précédent sera fournie, s'il y a lieu, en l'absence du contrat préalable ou d'accusé de réception de l'acheteur, par la production, soit du copie de let-

tres du vendeur, soit de son livre de factures régulièrement tenu à jour et contenant l'énoncé prescrit par le présent article.

Art. 5. — Les dispositions des articles 3 et 4 de la présente loi ne sont pas applicables à ceux qui auront vendu, sous leur dénomination usuelle, des fumiers, des matières fécales, des comports des gadoues, ou boues de villes, des déchets de marchés, des résidus de brasserie, des varechs et autres plantes marines pour engrais, des déchets frais d'abattoirs, de la marne, des faluns, de la tangue, des sables coquilliers, des chaux, des plâtres, des cendres ou des suies provenant des houilles ou autres combustibles.

Art. 6.— Un règlement d'administration publique prescrira les procédés d'analyse à suivre pour la détermination des matières fertilisantes des engrais, et statuera sur les autres mesures à prendre pour assurer l'exécution de la présente loi.

Art. 7.— La loi du 27 juillet 1867 est et demeure abrogée.

Art. 8. — La présente loi est applicable à l'Algérie et aux colonies.

Principaux procédés de fraude en matière d'engrais. — Malgré la vigueur de la législation actuelle, on voit cependant encore certains voyageurs en engrais faire des victimes dans nos campagne ; leurs procédés ne varient guère, et beaucoup de cultivateurs les connaissent par expérience, M. L. Gaillot, Directeur du Laboratoire agronomique de Béthune en a dévoilé quelques-uns :

1° C'est tantôt à un petit cultivateur, dont la naïveté les a frappés, que ces négociants s'adressent ; ils lui font miroiter des prospectus trompeurs et des références imaginaires, et parviennent à lui faire accepter à des conditions extrêmement onéreuses, un engrais de valeur souvent très-faible. Si la garantie est faite dans les conditions de la loi, et si la teneur en principes fertilisants est conforme à la garantie, le marché est inattaquable.

2° Mais quelquefois la facture, au lieu d'énoncer

les quantités d'azote, d'acide phosphorique et de potasse contenues dans 100 kilogrammes, avec l'indication de leur état de combinaisons, comme le veut la loi, indique un tant pour cent de *matières organiques azotées*, de *sels potassiques*, de *phosphates de chaux*, de *phosphate soluble* ou *assimilable*, etc. Ces expériences qui ont pour but d'éblouir l'acheteur par des chiffres élevés, ne représentent rien de précis, et doivent toujours éveiller sa défiance.

Quelques exemples feront comprendre la portée de cette observation.

Supposons qu'on ait garanti dans un engrais une teneur de 20 0/0 de phosphate de chaux : cela ne signifie pas grand chose ; car, en supposant que cette quantité s'y trouve exactement, l'analyse pourra trouver des quantités d'acide phosphorique comprises entre 9, 16 et 12.22 p. 100, suivant la nature du phosphate de chaux. On voit donc que la garantie aurait dû porter tant pour cent d'acide phosphorique.

Et encore cette indication était-elle insuffisante, car l'acide phosphorique a des valeurs commerciales différentes suivant qu'il est en combinaisons solubles ou insolubles dans l'eau ; l'acide soluble dans l'eau valant à peu près trois fois plus que l'acide insoluble. Des observations semblables pouvant être faites à propos de l'azote et de la potasse, on voit combien il est utile de faire spécifier l'*état de combinaison des principes fertilisants*, en disant par exemple : azote nitrique, azote organique, azote ammoniacal : potasse, à l'état de carbonate, de chlorure, de sulfate ; acide phosphorique d'os, de phosphate minéral, de phosphate précipité, soluble dans l'eau, ou dans le citrate d'ammoniaque, etc...

Comme un engrais peut être plus ou moins humide, la garantie est quelquefois faite sur l'engrais sec, afin de présenter à l'acheteur des chiffres plus forts ; ici encore, la loi entend que la garantie s'applique à l'engrais *tel qu'il est livré.*

Certains escrocs avaient pu éluder la loi du 27 juillet 1867, en alléguant que la quantité garantie de principes fertilisants avait été livrée, sous une forme ou sous une autre ; mais l'article 4 de la loi du 4 février 1888 est formel, et de récentes condamnations viennent de prouver que les tribunaux sont disposés à l'appliquer dans toute sa rigueur.

3° Nous ne parlerons que pour mémoire de cet autre *truc* des voyageurs en question, qui s'adressent à des petits commerçants, leur montrant en perspective des bénéfices considérables, s'ils veulent s'occuper du placement des engrais qu'ils leur offrent en *dépot* ; puis pour la forme et *pour leur assurer le monopole de la vente*, leur font signer un papier auquel les malheureuses dupes ne comprennent rien, mais qui établit un marché parfaitement en règle. Le tour est alors joué, et si les prescriptions de la loi ont été observées, l'acheteur n'a aucun recours contre le vendeur indigne. (1)

Pour se mettre à l'abri des manœuvres des *voleurs en engrais*, malheureusement encore très répandus dans nos campagnes où ils font tous les ans de nombreuses dupes, nous ne saurions trop engager les cultivateurs à ne s'adresser qu'à des maisons sérieuses, qui leur donneront spontanément les garanties exigées par la loi. En outre les agriculteurs devront

(1) L. Gaillot. — *Guide pratique pour l'achat et l'emploi des engrais commerciaux.* Amiens.

consentir à payer les matières fertilisantes au cours, car il est matériellement impossible de livrer de bons produits, à des prix dérisoires comme ceux qu'ils offrent quelquefois.

Achat des engrais

Détermination de la valeur d'un engrais. — Lorsqu'on achète un engrais, son *prix* d'achat étant établi d'après les mercuriales, celui-ci ne fixe pas par cela même la *valeur* de l'engrais. Cette valeur fertilisante dépend de son efficacité et celle-ci dépend on le comprend de la manière dont il est appliqué, de l'époque de l'épandage, de la culture sur laquelle on l'emploie et de la nature de la terre qui le reçoit.

La détermination de la valeur des engrais, qui comme on le voit est très variable, ne peut être déterminée que par une série de cultures comparatives par l'établissement d'un véritable *champ d'expériences*. M. P. Dehérain a particulièrement étudié cet intéressant problème, et voici la marche générale qu'il conseille de suivre :

Nous supposons que le cultivateur qui veut être fixé sur la valeur d'un engrais a disposé un champ d'expériences; il a employé sur une parcelle un poids P d'engrais et il a obtenu une récolte R; pour plus de simplicité nous supposons les nombres rapportés à l'hectare. Une parcelle, voisine de la première a reçu les mêmes façons, on lui a distribué les mêmes graines, mais elle reste sans engrais; il est clair que la comparaison sera d'autant plus exacte que les deux parcelles seront plus homogènes; s'il en est ainsi, les différences constatées seront justement attribuées à l'engrais employé. Nous supposons qu'on

ait obtenu, sur cette seconde parcelle une récolte R' si la qualité de la récolte est la même, que par suite, le prix de vente V soit identique, la valeur de la récolte sur les deux parcelles sera RV et R'V. La différence de valeur sera donc (R—R')V; et enfin, si nous divisons le chiffre ainsi trouvé par P, le poids d'engrais employé nous aurons l'expression :

$$\frac{(R - R')\,V}{P} = x.$$

Qui nous donnera en argent la valeur X de l'unité du poids de l'engrais.

Comparant enfin X à E, le prix de l'engrais sur le marché, nous pourrons conclure que son acquisition a été utile, indifférente ou onéreuse, suivant que :

$$x > E,$$
$$x = E, \text{ ou}$$
$$x < E.$$

Nous avons supposé, dans le cas précédent, que l'effet de l'engrais a été épuisé en une seule récolte ; très habituellement, il n'en est pas ainsi, l'engrais agit encore l'année suivante ; si les deux parcelles précédentes sont restées sans nouvel apport d'engrais, les récoltes qu'elles fournissent la seconde année pourront servir à déterminer une seconde valeur X ; qui devra être ajoutée à la première ; si, à la troisième année, sans nouvel apport d'engrais, il y a des différences sensibles entre les deux parcelles, on aura une troisième valeur X'', qui viendra encore s'ajouter aux précédentes.

On aura ainsi pour la valeur totale de X la somme $x + x' + x''$. Ces Calculs conduisent à une consé-

quence importante : Jusqu'à présent, les cultivateurs n'ont aucune méthode précise pour connaître la répartition d'un engrais entre plusieurs cultures successives et c'est tout à fait arbitrairement qu'ils fixent à la moitié ou au tiers de la fumure, ce qu'il convient de porter à la plante qui vient immédiatement après cette fumure. La comparaison des valeurs successives de x, x' et x'' indiquera au contraire comment va en diminuant l'efficacité de l'engrais, et par suite quelle est la fraction de sa valeur totale utilisée par chaque récolte ; cette détermination ne sera plus arbitraire mais reposera au contraire sur une donnée expérimentale.

Prix des matières fertilisantes. — Le cours des principales matières fertilisantes est excessivement variable ; cependant nous croyons utile de donner ici quelques chiffres qui serviront tout au moins à fixer les idées en ce qui concerne la valeur relative et comparative des divers éléments de fertilité.

Aux cours actuels, c'est-à-dire en 1890, on peut admettre comme prix moyens des éléments de fertilité.

Acide phosphorique soluble dans le citrale	0	»	60	
Azote organique	2 fr.		10	le kilo.
— nitrique	1	»	60	
— ammoniacal	1	»	55	
Acide phosphorique insoluble dans le citrate	0	»	20	
Potasse	0	»	45	

Mais nous le répétons, ces chiffres n'ont rien d'absolu, le prix de ces éléments dépendant de l'état physique, de la concentration, etc., de l'engrais.

Donc, dans un mélange d'engrais renfermant, d'a-

près la facture, les éléments qui suivent, la valeur commerciale pourra être facilement déterminée :

Engrais contenant :

Azote organique	4 0/0
— ammoniacal	2 0/0
Acide phosphorique soluble dans le citrate	14 0/0
Potasse	6 0/0

Nous aurons comme valeur approximative :

Azote	4	×	2.20	=	8.80
	2	×	1.55	=	3.10
Acide phosphorique	14	×	0.60	=	8.40
Potasse	6	×	0.45	=	2.70
			Total		23.00

Enfin à titre de renseignement, et aussi pour montrer combien ces prix sont variables, nous donnons pour finir le prix des 100 kilogrammes d'engrais au cours commercial de la place de Paris (1) au 20 septembre 1888 et au 23 octobre 1890.

Matières fertilisantes.				20 septembre 1888.	23 octobre 1890.
Sang desséché moulu	11 à 13 0/0	azote.		20.00 à 22.00	20.90 à 24.70
Viande desséchée	9	11 —	—	19 » 20 »	17.50 19.80
Cornes broyées	13	15 —	—	24 » 25 »	20.80 22.60
Cuir désagrégé	8	9 —	—	11 » 12 »	10.40 10.70
Laine engrais	3	4 —	—	» » » »	» » » »
Nitrate de soude	15	16 —	—	24 » 25 »	22 » 22.25
Nitrate de potasse		80 —	—	» » » »	47 » 47 »
— — —		95 —	—	» » » »	45 » 45.50
Sulfate de potasse		90 —	—	22 » 23 »	24.50 25 »
Sulfate d'ammoniaque	20	21 —	—	35 » 36 »	30.65 31.50
Chlorure de potassium français.		90 —	—	23 » 24 »	21 » 21 »
— — — Stassfurth.	80	85 —	—	« » » »	17.25 18 »
Déchets fins de cornes, frisures.				19 » 20 »	» » » »

(1) Pour des ventes en gros de 30.000 kilogr. au moins.

Phosphates des Ardennes (en gare des Ardennes et de la Meuse), en sac les 100 kilog.

Pulvérisés 14 à 16 0/0 acide phosphorique......	3.50	4.80	3.40	» »
— 18 20 — — —	3.80	4.20	4 »	» »
— 16 18 — — —	4.00	4.30	3.70	» »

Superphosphates, poudre d'os, etc.

Phosphates précipités 35 à 40 0/0 acide phosph.	28 »	30 »	24 »	24 »
— — 40 45 — — —	26 »	28 »	26 »	26 »
Superphosphates fossiles à 10 0/0 — — soluble et assimilable........................	7 »	8 »	6.25	6.50
Superphosphates fossiles 16 à 18 0/0 acide phos.	12 »	14 »	10.25	11 »
— d'os.... 16 18 — — —	15 »	15 »	12.25	12.50
Poudre d'os bruts..............................	14 »	15 »	12.75	» »
Guano du Pérou..............................	18 »	26 »	10 »	16 »
— — — dissous........................	32 »	20 »	32 »	20 »
— azote fixe 26.25........................	27 »	» »	26 »	27 »

FIN

Imp. G. Morand, 47, rue Bannier, Orléans.



